

**Die Eignung des Pulverstrahlgerätes
AIR-FLOW® PREP K1 MAX
in der Kinderzahnheilkunde – eine klinisch kontrollierte
Studie**

Dissertation

Zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae dentariae

(Dr. med. dent.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Kathleen Fritz

geboren am 15.12.1984 in Suhl

Erster Gutachter: Prof. Dr. med. habil. Dr. h.c A. Borutta, Jena

Zweiter Gutachter: Prof. Dr. R. Heinrich-Weltzien, Jena

Dritter Gutachter: Prof. Dr. A. Makuch, Leipzig

Tag der öffentlichen Verteidigung: 06.04.2010

Abkürzungsverzeichnis

Ca	Calcium
CPI	Community Periodontal Index
DAJ	Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege e.V.
DF	Anzahl der behandlungsbedürftigen (Decayed) und gefüllten (Filled) Zähne oder Zahnflächen im permanenten Gebiss
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
dmfs	Flächenbezogener Kariesindex für das Milchgebiss, durchschnittliche Anzahl der behandlungsbedürftigen (Decayed), aus Kariesgründen extrahierten (Missing) und gefüllten (Filled) Zahnflächen (Surfaces)
DMFS	Flächenbezogener Kariesindex für die permanenten Zähne, durchschnittliche Anzahl der behandlungsbedürftigen (Decayed), aus Kariesgründen extrahierten (Missing) und gefüllten (Filled) Zahnflächen (Surfaces)
dmft	Zahnbezogener Kariesindex für das Milchgebiss, durchschnittliche Anzahl der behandlungsbedürftigen (Decayed), aus Kariesgründen extrahierten (Missing) und gefüllten (Filled) Zähne (Teeth)
DMFT	Zahnbezogener Kariesindex für die permanenten Zähne, durchschnittliche Anzahl der behandlungsbedürftigen (Decayed), aus Kariesgründen extrahierten (Missing) und gefüllten (Filled) Zähne (Teeth)
DMS IV	Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (2005)
ds	Anzahl der behandlungsbedürftigen (Decayed) Milchzahnflächen (Surfaces)

DS	Anzahl der behandlungsbedürftigen (Decayed) Zahnflächen (Surfaces) im permanenten Gebiss
dt	Anzahl der behandlungsbedürftigen (Decayed) Milchzähne (Teeth)
DT	Anzahl der behandlungsbedürftigen (Decayed) permanenten Zähne (Teeth)
ECM	Electronic Caries Monitoring
EMS	Electro Medical Systems
FSU	Friedrich-Schiller-Universität (Jena)
fs	Anzahl der gefüllten (Filled) Milchzahnflächen (Surfaces)
FS	Anzahl der gefüllten (Filled) permanenten Zahnflächen (Surfaces)
ft	Anzahl der gefüllten (Filled) Milchzähne (Teeth)
FT	Anzahl der gefüllten (Filled) permanenten Zähne (Teeth)
FV	Fissurenversiegelung
GIZ	Glasionomerzement
ICDAS	International Caries Detection and Assessment System
KCP	Kinetic Cavity Preparation
ms	Anzahl der aus Kariesgründen extrahierten (Missing) Milchzahnflächen (Surfaces)
MS	Anzahl der aus Kariesgründen extrahierten (Missing) permanenten Zahnflächen (Surfaces)
mt	Anzahl der aus Kariesgründen extrahierten (Missing) Milchzähne (Teeth)
MT	Anzahl der aus Kariesgründen extrahierten (Missing) permanenten Zähne (Teeth)
Nd-Yag-Laser	Neodym-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat-Laser
PC	Personal Computer
QLF	Quantitativ Lichtinduzierte Fluoreszenzmessung

SGB V	Sozialgesetzbuch, fünftes Buch
UniViSS	Universal Visual Scoring System
USPHS	United States Public Health System
UV	Ultraviolett
WHO	World Health Organization
WHOCC	World Health Organization Collaboration Centre
ZZMK	Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Σ	Summe

Inhaltsverzeichnis

	S.
1. Zusammenfassung	3
2. Einleitung mit erweitertem Literaturteil	5
2.1 Die Fissur permanenter Molaren als Kariesprädispositionsstelle	7
2.2 Gütekriterien diagnostischer Verfahren zur Kariesfrüherkennung	10
2.3 Die Diagnostik der Fissurenkaries	11
2.4 Die Pulverstrahltechnik	16
2.5 Die Fissurenversiegelung	23
3. Zielstellung	29
4. Probanden und Methoden	30
4.1 Vorbereitung und Organisation der Studie	30
4.2 Auswahl der Probanden	33
4.3 Klinischer Teil der Studie	34
4.3.1 Früherkennung kariöser Läsionen	35
4.3.2 Durchführung der Fissurenversiegelungen	43
4.3.3 Qualitätseinschätzungen der Fissurenversiegelungen	45
4.3.4 Fotografische Dokumentation	48
4.4 Soziologischer Teil der Studie	48
4.5 Statistische Auswertung	49
5. Ergebnisse	54
5.1 Ergebnisse des klinischen Teils der Studie	54
5.1.1 Dentitions- und Kariesstatus	54
5.1.2 Spezielle Diagnostik der Okklusalfächen permanenter Molaren	58

5.1.3	Vergleichende Bewertung der Diagnostikmethoden	60
5.1.4	Qualitätseinschätzungen der Fissurenversiegelungen	63
5.1.5	Bivariate Auswertung der Untersuchungsergebnisse	67
5.2	Ergebnisse des soziologischen Teils der Studie	70
6.	Diskussion	76
7.	Schlussfolgerungen	90
8.	Literatur- und Quellenverzeichnis	92
9.	Anhang	118
	Untersuchungsbogen des klinischen Teils der Studie	118
	Fragebogen des soziologischen Teils der Studie	121
	Lebenslauf	122
	Danksagung	123
	Ehrenwörtliche Erklärung	124
	Poster und Vorträge	125

1. Zusammenfassung

Das veränderte klinische Erscheinungsbild der Okklusalkaries erschwert ihre Diagnostik und bestätigt die Forderung nach optimierten Kariesdiagnostikmethoden. Die frühzeitige Detektion kariöser Läsionen verbesserte sich in letzter Zeit vor allem durch die Entwicklung moderner Diagnostiksysteme und Methodologien. Es gilt etwaige Neuerungen kritisch zu überprüfen und ihre Einflüsse auf die zahnärztliche Intervention zu analysieren. Diesem Anliegen entsprach die vorgelegte Arbeit. Sie wurde am WHO-Kollaborationszentrum „Prävention oraler Erkrankungen“ (WHOCC) der Poliklinik für Präventive Zahnheilkunde durchgeführt und hatte das Ziel, das Pulverstrahlgerät AIR-FLOW® PREP K1 MAX (EMS, Schweiz, 2004) als ergänzende Methode zur Detektion okklusaler Läsionen von permanenten Molaren in der Kinderzahnheilkunde zu prüfen und im Vergleich zur konventionellen visuellen Kariesdiagnostik und zur Laserfluoreszenzmessung (auch laseroptische Laserfluoreszenzmessung genannt) anhand festgelegter Genauigkeitsparameter (u. a. Akkuratheit, Sensitivität, Spezifität) zu bewerten. Darüber hinaus sollte die Eignung des Pulverstrahlgerätes für die Vorbereitung der Fissurenversiegelung beurteilt werden.

In die klinisch-soziologische Studie wurden achtzehn Kinder im Alter zwischen sechs und fünfzehn Jahren (Durchschnittsalter 10,6 Jahre) einbezogen, die mit Hilfe definierter Ein- und Ausschlusskriterien ausgewählt wurden. Die Munduntersuchungen basierten zunächst auf dem zahn- und flächenbezogenen Dentitions- und Kariesstatus, gefolgt von speziellen Kariesdetektionsmethoden (visuelle Kariesdiagnostik, Laserfluoreszenzmessung, AIR-FLOW® PREP K1 MAX) an den Okklusalfächen von insgesamt 66 permanenten Molaren. Nach Anwendung des Pulverstrahlgerätes auf der Okklusalfäche erfolgten eine nochmalige visuelle Kariesdetektion sowie die Fissurenversiegelungen bei ausgeschlossener Dentinkaries. Danach wurde mit einem strukturierten und validierten Fragebogen die Akzeptanz der Behandlung mit dem AIR-FLOW® PREP K1 MAX durch die Studienteilnehmer eingeschätzt. Sechs Monate nach Durchführung der

Fissurenversiegelungen erfolgte ihre qualitätsbezogene Beurteilung nach definierten Kriterien.

Die Ergebnisse der kariesstatistischen Erhebungen bestätigten mit Werten von 3,0 dmft und 2,4 DMFT eine hohe Kariesverbreitung, wobei der Wert für das Milchgebiss etwa mit der landesweiten repräsentativen Kariesprävalenz im Milchgebiss (sechs- bis siebenjährige Kinder) aus der DAJ-Studie 2004 (Pieper 2005) übereinstimmte. Demgegenüber erwies sich die Mundgesundheit im permanenten Gebiss als deutlich schlechter im Vergleich zu den Ergebnissen der DAJ-Studie 2004 (Pieper 2005) und der DMS IV aus dem Jahre 2005 (Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung und Bundeszahnärztekammer 2006).

In Bezug auf die diagnostische Akkuratheit zeigte jede der untersuchten Diagnostikmethoden sehr gute bis gute Ergebnisse. Verdeutlicht wird dies dadurch, dass alle drei Diagnostikmethoden aufgrund einer summarischen Sensitivität und Spezifität von $\geq 160\%$ (Hausen 1997) für den klinischen Einsatz empfohlen werden können. Die visuelle Kariesdiagnostik zeigte im Vergleich zur Laserfluoreszenzmessung die besseren Ergebnisse und bleibt deshalb auch in Zukunft die Methode der ersten Wahl. Dennoch bestätigt der diagnostische Zugewinn, der durch die Anwendung von AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX erzielt wurde, die Eignung der Pulverstrahltechnik als ergänzende Methode zur Kariesdiagnostik in der Kinderzahnheilkunde bei Einhaltung der geltenden Arbeitsrichtlinien. Die Studienteilnehmer beurteilten die Behandlung mit dem Pulverstrahlgerät überaus positiv. Die nach sechs Monaten durchgeführte Nachuntersuchung bestätigte eine hohe Retentionsrate der Fissurenversiegelungen.

Die Gesamtheit der Ergebnisse gestattet die Empfehlung, dass dieses Pulverstrahlgerät sowohl zur Verifizierung der Kariesdiagnostik auf den Okklusalfächen permanenter Molaren als auch zur Vorbereitung der Fissurenversiegelung geeignet ist.

2. Einleitung mit erweitertem Literaturteil

Durch die Etablierung und Umsetzung von Präventionskonzepten in der modernen Zahnheilkunde hat sich das epidemiologische Muster oraler Erkrankungen drastisch verändert. Dies gilt insbesondere für die Karies. Der seit Jahrzehnten nachgewiesene „Caries decline“ ist durch einen allgemeinen Kariesrückgang im Kindes- und Jugendalter bei gleichzeitigem Anstieg kariesfreier Gebisse gekennzeichnet (Künzel 1997). Neben dieser überaus positiven Entwicklung zeigt der populationsbezogene Kariesbefall eine starke Polarisierung (Schiefelage in der Kariesverteilung; ungleiche Verteilung des Kariesbefalls) (Petersen 1990). Die DMS IV aus dem Jahre 2005 bestätigt, dass etwa 10 % der zwölfjährigen Kinder rund 61 % und 27 % der Fünfzehnjährigen rund 79 % des Gesamtkariesaufkommens auf sich vereinen (Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung und Bundeszahnärztekammer 2006). Epidemiologische Studien aus den vergangenen Jahren zeigten zusätzlich auch eine Veränderung des kariösen Befallsmusters (Marthaler 2004, Heinrich-Weltzien et al. 2007). Während die Karies an den Glatt- und Approximalflächen deutlich rückläufig ist, stellt die Fissurenkaries gegenwärtig den höchsten Anteil kariöser Läsionen dar. Kinder mit erhöhtem Kariesrisiko sind davon besonders betroffen und scheinen von den Präventionsangeboten wenig oder nicht zu profitieren (Borutta et al. 2002). Allerdings entziehen sich diese so genannten „Kariesrisikokinder“ nicht selten den Betreuungsangeboten der präventiven Zahnheilkunde, da unter anderem Behandlungsängste häufiger Grund für eine unregelmäßige Inanspruchnahme zahnärztlicher Leistungen sind (Strippel 2004).

Unumstritten spielten die Fluoride bei der Entwicklung des „Caries decline“ eine herausragende Rolle. Zur Vorbeugung der Fissurenkaries sind jedoch ergänzende Maßnahmen, insbesondere für Kinder mit erhöhtem Kariesrisiko, erforderlich. In diesem Zusammenhang hat sich die Fissurenversiegelung als sehr effektiv erwiesen. Allerdings ist vor ihrer Durchführung eine exakte und frühzeitige Kariesdiagnostik erforderlich, die sich zunehmend schwierig gestaltet. Die häufige Verwendung

fluoridhaltiger Präparate mit ihrer remineralisierenden Wirkung lässt die Schmelzoberfläche zwar gesund erscheinen, obwohl im Dentin unter Umständen ein kariöser Prozess ablaufen kann. Bei dieser sogenannten „hidden caries“ ist die Fissurenversiegelung kontraindiziert. Moderne Diagnostiksysteme und Methodologien wurden entwickelt, um möglichst frühzeitig kariöse Läsionen detektieren zu können. Jedoch werden sie hinsichtlich ihrer Validität, die mit der Spezifität und Sensitivität bestimmt wird, nicht immer den an sie gestellten Anforderungen gerecht. Neben den diagnostischen Schwierigkeiten können bei nicht sachgerechter Durchführung der Fissurenversiegelung Qualitätsmängel auftreten, die zu einer nicht unerheblichen Misserfolgsrate führen (Kühnisch et al. 2002). Insofern sollten alle bekannten Qualitätskriterien zur Kariesdiagnostik und Fissurenversiegelung beachtet werden (Hickel et al. 2005). Wesentliche Grundlage der Kariesdiagnostik ist die visuelle Inspektion in Verbindung mit ergänzenden diagnostischen Methoden. Zur Optimierung der visuellen Inspektion bietet sich der Einsatz der Pulverstrahltechnik an, die eine optimale Reinigung der Fissur gewährleistet. Eine gut gereinigte Fissur ist außerdem Voraussetzung für eine langfristige Haftung des Versiegeler. Die Retention des Versiegeler wird neben der zur Fissurenversiegelung notwendigen Säureätztechnik noch durch die aufgeraute Schmelzoberfläche, die der Pulverstrahl hinterlässt, verstärkt. Die bereits in den 50-iger Jahren eingeführte Pulverstrahltechnik erlebt gegenwärtig eine Renaissance mit neuen Anwendungsmöglichkeiten. So kann sie zum Beispiel angewandt werden zur Entfernung von äußeren Verfärbungen und Zahnstein, zur präventiven und therapeutischen Fissurenversiegelung, zur minimal invasiven Kavitätenpräparation sowie in der Kieferorthopädie zur Vorbereitung des Zahnes für die Aufnahme von Brackets (Engelberg 2005).

2.1 Die Fissur permanenter Molaren als Kariesprädispositionsstelle

Nach wie vor ist der erste permanente Molar der kariesanfälligste Zahn bei Kindern und Jugendlichen. Grund dafür ist vor allem sein ausgeprägtes Fissurenrelief, das die Plaqueretention und damit die Entstehung kariöser Läsionen begünstigt. Die vielgestaltigen anatomischen Variationen von Fissurenformen lassen sich in vier Grundtypen einteilen (Abb. 1): mulden-, spalt-, v-, oder ampullenförmig (Kreter und Pantke 1979), wobei auch mehrere dieser Formen auf einer Kaufläche vorkommen können (Rohr et al. 1991).

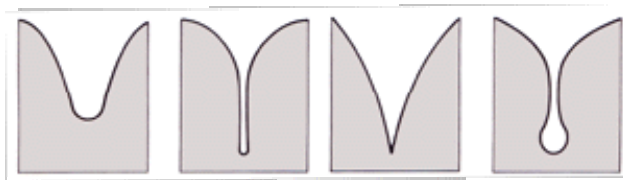


Abbildung 1: Schematische Darstellung: Fissurenlängsschnitte (Kreter und Pantke 1979)

Fissuren, insbesondere sehr tiefe Ausprägungen, sind den üblichen Mundhygienemaßnahmen nur schwer zugänglich (Abb. 2). Bei längerfristiger Plaqueretention ist die Fissurenkaries kaum vermeidbar.

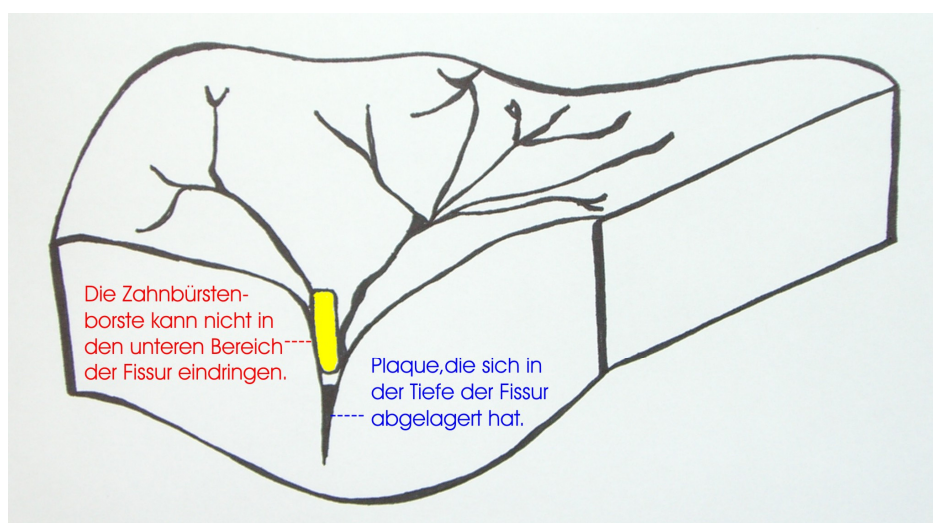


Abbildung 2: Schematische Darstellung: Plaqueeinlagerung im Fissurengrund

Dies wird zusätzlich noch durch die am Fissurengrund vorhandene geringe Schmelzdicke von lediglich zwei Millimetern, die im Vergleich zum Glattflächen- und Höckerbereich nur eine kurzzeitige Barriere vor der Kariesinitiation bietet, sowie durch die begrenzte kariesprotektive Fluorid- beziehungsweise Chlorhexidinwirkung in der Fissur begünstigt (Rohr et al. 1991, Carvalho et al. 1992, Fennis-Le et al. 1998, Pearce et al. 1999). Ebenso führen veränderte Strömungsverhältnisse in der Fissur zu einer unzureichenden posteruptiven Schmelzreifung, welche die Empfänglichkeit der Fissuren für kariöse Veränderungen bedingt (Burrow et al. 2001). Zu bemerken ist ebenfalls, dass für die Auslösung einer Fissuren- und Grübchenkaries nur 3000 koloniebildende Einheiten von Mutans Streptokokken je Milliliter Speichel erforderlich sind, während erst bei einer Keimzahlhöhe von 43000 koloniebildenden Einheiten je Milliliter Speichel eine Glattflächenkaries entstehen kann (Anderson et al. 1993). Auch die Tatsache, dass insbesondere die ersten permanenten Molaren häufig in eine Mundhöhle mit zahlreichen kariösen Milchzähnen durchbrechen, spielt eine Rolle bei der Entstehung von kariösen Läsionen an den Fissuren und Grübchen (Pieper 2006). Der häufig zu beobachtende Kariesbefall noch während der Durchbruchphase des Zahnes (Stockleben 1998) ist nicht zuletzt auch dem fehlenden Antagonistenkontakt, der eine Plaquerreduktion begünstigt, geschuldet (Carvalho et al. 1989). Eine weitere Ursache ist auch, dass der erste permanente Molar von den Eltern oftmals als Milchzahn angesehen wird und im Falle einer Karies eine frühzeitige Intervention nicht als notwendig erachtet wird. All diese Gründe führen dazu, dass bei Kindern mit erhöhtem Kariesrisiko im Alter zwischen sieben und neun Jahren bereits 80 % der permanenten Molaren an Karies erkrankt sind. Dabei beträgt der Anteil der Okklusalkaries 70 % bis 100 %. Während die okklusalen Flächen nur 12,5 % aller Zahnflächen ausmachen, entstehen auf ihnen zwei bis vier Jahre nach Zahndurchbruch immer noch 50 % der kariösen Läsionen (Hellwig et al. 2003). In einer Studie mit 450 achtjährigen Kindern des Ennepe-Ruhr Kreises hat sich gezeigt, dass trotz regelmäßiger Prophylaxe 96 % des

Gesamtkariesbefalls die ersten permanenten Molaren betraf. Hierbei entfielen insgesamt 60,6 % der kariösen Defekte auf die Okklusalfächen und nur 21,9 % auf die Glattflächen (Heinrich-Weltzien et al. 1999). Damit haben permanente Molaren nach wie vor die höchste Kariesgefährdung, wobei dank verbesserter Diagnostikverfahren die Häufigkeit nicht kariierter, initial kariöser Läsionen den Anteil manifest kariöser beziehungsweise gefüllter Flächen (DF-Komponente) mittlerweile deutlich übersteigt (Kühnisch et al. 2003).

Zur Vermeidung einer Fissurenkaries ist die Fissurenversiegelung indiziert. In zahlreichen Studien konnte ihre Effektivität bestätigt werden (Lutz et al. 1990, Lussi et al. 1995, Heinrich-Weltzien et al. 1999). Pieper (2003) wies in einer Studie an 2140 Sechstklässlern im Landkreis Marburg-Biedenkopf nach, dass Schüler mit Versiegelungen signifikant weniger Karies entwickelten als Gleichaltrige ohne Versiegelungen. Einen Beweis der höheren kariesprotektiven Effektivität von Fissurenversiegelungen gegenüber Lokalfuoridierungen zeigten die kariesstatistischen Ergebnisse fünf- bis achtjähriger Kinder, die auf fluoridierten Molaren sechsmal häufiger eine Okklusalkaries entwickelten als auf versiegelten Kauflächen (Splieth et al. 1998).

Insgesamt besteht Einigkeit darüber, dass die Okklusalkaries am wirkungsvollsten durch die Versiegelung der Fissuren verhindert werden kann (Axelsson und Lindhe 1981, National Institutes of Health 1984, Wendt und Koch 1988, Trummel und Trummel 1990, Lutz et al. 1990, Selwitz et al. 1995, Hickel 1996, Wendt et al. 2001). Die Fissurenversiegelung ist eine evidenzbasierte Maßnahme, ihre Indikation und Durchführung sind unter anderem in der Leitlinie Fissurenversiegelung der DGZMK beschrieben (Hickel et al. 2005).

2.2 Gütekriterien diagnostischer Verfahren zur Kariesfrüherkennung

Ein diagnostisches Verfahren ist dann ideal, wenn das Vorliegen oder Fehlen einer Erkrankung exakt festgestellt werden kann. Zur Einschätzung einer diagnostischen Methode sind zwei Gütekriterien zu berücksichtigen:

Die *Validität* gibt die Genauigkeit eines diagnostischen Verfahrens an, mit der eine Erkrankung ausgeschlossen oder bestätigt werden kann.

Die *Reliabilität* bezieht sich auf die Reproduzierbarkeit von Testresultaten eines diagnostischen Verfahrens.

Validität

Werden die Testresultate und der tatsächliche Zustand („Goldstandard“) in Relation gesetzt, können vier unterschiedliche Situationen auftreten:

1. Richtig-Positiv (RP): Positiver Test bei vorliegender Erkrankung.
2. Falsch-Positiv (FP): Positiver Test bei fehlender Erkrankung.
3. Richtig-Negativ (RN): Negativer Test bei Fehlen der Erkrankung.
4. Falsch-Negativ (FN): Negativer Test bei Vorliegen der Erkrankung.

Sensitivität (SE) und Spezifität (SP) sind die Parameter, durch die die Validität eines Testverfahrens bestimmt wird. Dabei beschreibt die Sensitivität die Wahrscheinlichkeit eines diagnostischen Verfahrens, mit der erkrankte Bereiche oder Personen auch korrekt als krank erkannt werden können (tatsächlich Kranke, RP/RP+FN). Hingegen bezeichnet die Spezifität die Wahrscheinlichkeit, gesunde Bereiche oder Personen auch korrekt als gesund zu identifizieren (tatsächlich Gesunde, RN/RN+FP). Nach Hausen (1997) kann eine diagnostische Methode erst dann als gut bewertet werden, wenn die Werte für Sensitivität und Spezifität summarisch 160 % übersteigen.

Reliabilität

Inter- und Intrauntersuchervariabilität sind Merkmale der Reliabilität. Erstere beschreibt die Übereinstimmung hinsichtlich einer diagnostischen Methode bei Befundung durch zwei unterschiedliche Untersucher, letztgenannte kennzeichnet die Reproduzierbarkeit bei Wiederholung der diagnostischen Maßnahme durch einen Untersucher. Für nominale Messwerte kann die zufallskorrigierte Übereinstimmung nach Cohen (1960) (Cohens Kappa) bestimmt werden, wobei dieser Wert unterschiedlich eingeschätzt werden kann (Greve und Wentura 1997). Nach Fleiss (1981) stehen Werte von $\kappa > 0,75$ für eine sehr gute, $\kappa > 0,4$ - $0,75$ für eine mäßige bis gute und $\kappa < 0,4$ für eine marginale Übereinstimmung.

2.3 Die Diagnostik der Fissurenkaries

Traditionell erfolgte die zahnärztliche Untersuchung bis weit in das 20. Jahrhundert hinein mit Mundspiegel, spitzer Sonde und ausreichender Lichtquelle. Seit Black (1924) galt das „Hängenbleiben einer mit mäßigem Druck in die Fissur eingeführten, spitz auslaufenden Sonde, die nur unter Zuganwendung wieder entfernt werden kann“ als diagnostisches Kriterium für eine kariöse, behandlungsbedürftige Läsion im Fissurenbereich. Parfitt (1954) sowie Miller und Hobson (1956) zeigten jedoch, dass ein solcher Befund nicht allein durch eine Karies ausgelöst werden kann. Zur Retention der Sonde tragen ebenfalls der Durchmesser der Sondenspitze, der ausgeübte Sondierungsdruck sowie die Fissurenmorphologie bei. Unter Berücksichtigung der unzulänglichen Validität hinsichtlich der Sensitivität der Diagnose (Lussi 1991, Lussi 1993, Pitts 2001) sowie der Auslösung iatrogener Sondierungsdefekte (van Dorp et al. 1988, Yassin 1995) und einer möglichen Übertragung von Bakterien in gesunde Fissuren (Loesche et al. 1979), wird der Gebrauch der spitzen zahnärztlichen Sonde zur Kariesdiagnostik kritisch diskutiert und nicht mehr empfohlen (Ekstrand et al. 1987, Lussi 1991, Yassin 1995, Kühnisch

et al. 2007). Im Vordergrund steht heute die visuelle Kariesdiagnostik. Die WHO (1997) empfiehlt als Diagnostikinstrument die abgerundete CPI-Sonde. Diese Sonde ist auch zum drucklosen Abtasten der Zahnoberfläche geeignet, um Informationen über die Oberflächenbeschaffenheit beziehungsweise Oberflächenrauigkeit zu erhalten (Kühnisch et al. 2007a).

Paradoxerweise haben der allgemeine Kariesrückgang und die damit verbundene verringerte Kariesprogressionsrate bei Kindern und Jugendlichen in den Industrieländern dazu geführt, dass die Kariesdiagnostik schwieriger geworden ist, speziell im Fissurenbereich (Kidd und Joyston-Bechal 1987, Sawle und Andlaw 1988, Weerheijm et al. 1989, Creanor et al. 1990, Verdonschot et al. 1992, Wenzel und Fejerskov 1992, Ie et al. 1995). Verschiedene Autoren fokussierten auf den Terminus „hidden caries“. Dabei handelt es sich meistens um eine versteckte okklusale Kariesform, die visuell auf der Okklusalfäche nicht erkennbar ist, aber eine deutliche radiografisch darstellbare Demineralisation im Dentin zeigt (Weerheijm et al. 1992, Pitts und Deery 1994). Dies machte die Entwicklung neuer und exakter Methoden zur Detektion okklusaler Karies erforderlich. Im Fokus der Entwicklungen stehen neben der visuellen Kariesdiagnostik (Ekstrand et al. 1995, Ekstrand et al. 1997) vor allem auch ergänzende Diagnostikverfahren, die eine frühzeitige Erkennung initial kariöser Läsionen ermöglichen, wie zum Beispiel radiografische Methoden mit oder ohne computergestützte Bildanalysen (Wenzel et al. 1990, Wenzel et al. 1991, Ricketts et al. 1994, Ricketts et al. 1995), elektronisches Kariesmonitoring (ECM) basierend auf der Messung des elektrischen Widerstandes des Schmelzes (Rock und Kidd 1988, Lussi 1993, Ie et al. 1995), quantitativ lichtinduzierte Fluoreszenzmessungen (QLF) sowie Laserfluoreszenzmessungen, wobei nur letztgenannte eine gewisse klinische Relevanz besitzt. Die modernen Kariesdiagnostikmethoden zeigen bezüglich der Detektion und dem Monitoring von Initialläsionen vielversprechende Ergebnisse (Stookey und Gonzáles-Cabezas 2001), verfügen aber derzeit noch nicht über genügend Evidenz, um als traditionelle Diagnosetechniken empfohlen werden zu können.

Im Folgenden werden einige Methoden kurz beschrieben, die für die Kariesdiagnostik auf der Okklusalfäche permanenter Molaren geeignet sind, in wissenschaftlichen Untersuchungen Anwendung fanden und sich bereits im klinischen Alltag bewährt haben.

Visuelle Kariesdiagnostik

Das Hauptaugenmerk der visuellen Kariesdiagnostik gilt der Beurteilung kariös bedingter Verfärbungen und Demineralisationszeichen auf der gründlich gereinigten Okklusalfäche. Wie kariöse Fissuren identifiziert werden können, wird in der Literatur unterschiedlich beschrieben. Marthaler (1976) erwähnt, dass dunkelbraun bis schwarz verfärbte Fissuren besonders kariesgefährdet sind. Francescut und Lussi (2003) vertreten die Ansicht, dass die Bewertung brauner und dunkler Verfärbungen nicht geeignet ist, um eine Dentinkaries bei bleibenden Zähnen vorherzusagen. Staehle (1996) ist der Ansicht, dass auch leichte Verfärbungen der Fissur auf eine mögliche Karies hindeuten können. Ekstrand et al. (1997, 1998, 2001) stellten heraus, dass kreidige Opazitäten und Braunverfärbungen als klinische, visuell diagnostizierbare Zeichen gelten, die auf der feuchten Zahnoberfläche kaum, auf der luftgetrockneten hingegen deutlich erkennbar sind. Derartige Okklusalfächen sind vordergründig mit einer schmelzbegrenzten Läsion in Verbindung zu bringen. Weitere Abklärungen mit einer Röntgenaufnahme (Bissflügel) und/oder eine Laserfluoreszenzmessung sind hilfreich, um eine restaurationsbedürftige Dentinläsion auszuschließen. Lokalisierte Schmelzeinbrüche im opaken oder verfärbten Schmelz wurden neben Kavitationen als zuverlässige Kriterien für das Vorliegen einer Dentinkaries gewertet (Wenzel und Fejerskov 1992). Die Beschaffenheit der Okklusalfäche gibt außerdem Hinweise zur Beurteilung der Kariesaktivität. Eine matte, raue Oberfläche spricht für eine aktive Läsion, bei Verfärbungen auf einer glatten und glänzenden Oberfläche handelt es sich um eine inaktive Läsion (Nyvad et al. 1999). In den vergangenen Jahren haben sich die visuellen Diagnostikmethoden von Ekstrand et al. (1997) und Nyvad et al. (1999) in

wissenschaftlichen Untersuchungen durchgesetzt und fanden auch Berücksichtigung in dem „Universellen Visuellen Scoring System“ (UniViSS) (Kühnisch et al. 2007b). Zwischenzeitlich hat die Entwicklung des „International Caries Detection and Assessment Systems“ (ICDAS) (Pitts 2001) eine hohe internationale Reputation erreicht. Damit gelang es, die bewährte Kariesdiagnostik mit Hilfe der dmf/DMF-Indizes (WHO 1997) durch ein anerkanntes System zur Früherkennung kariöser, nicht kavierter Läsionen zu ergänzen (Pitts 2001, www.icdas.org.2005).

Röntgenografische Untersuchung

Die von Raper (1925) beschriebene Bissflügelaufnahme, die zunächst nur für die frühzeitige Diagnostik der approximalen Karies eingesetzt wurde, hat sich nunmehr auch für die Diagnostik der Okklusalkaries bewährt. Der Nutzen für die Okklusalkariesdiagnostik wurde lange Zeit unterschätzt (King und Shaw 1979, Dooland und Smales 1982). In Untersuchungen aus den 90-iger Jahren konnte bewiesen werden, dass diese Methode auch für die Diagnostik von okklusalen Läsionen geeignet ist. Creanor et al. (1990), Kidd et al. (1992), Weerheijm et al. (1992), Weerheijm et al. (1992a) und Heinrich-Weltzien et al. (2001) wiesen nach, dass mit Bissflügelaufnahmen an bis zu 50 % der untersuchten Molaren versteckte okklusale Dentinläsionen bei Kindern und Jugendlichen zwischen dem zwölften und zwanzigsten Lebensjahr diagnostiziert werden konnten. Dem gegenüber vertritt Lussi (1993) die Ansicht, dass die Schmelzausbreitung der Läsionen aufgrund des hohen Anteils an Mineralien und Fluoriden in den Zahnhöckern im Röntgenbild oft nicht erkennbar ist. Daher sind Bissflügelaufnahmen für die frühzeitige Diagnostik okklusaler schmelzbegrenzter Läsionen nicht geeignet. Eine Karies im Röntgenbild wird erst dann diagnostiziert, wenn der kariöse Prozess bereits in das Dentin fortgeschritten ist (Lussi 1996). Daneben berichten auch andere Autoren über mögliche falsch positive Befunde bei der Auswertung von Bissflügelaufnahmen (Kühnisch et al. 2006). Nicht zuletzt ist bei der Röntgendiagnostik unter Berücksichtigung der Strahlenexposition eine gewisse Einschränkung geboten.

Daher muss in jedem Falle die rechtfertigende Indikation vorab sorgfältig gestellt werden (Peinsipp et al. 2003, Heinrich-Weltzien und Kühnisch 2007).

Laserfluoreszenzmessungen

Die Laserfluoreszenzmessung stellt eine weitere Methode zur frühzeitigen Kariesdiagnostik dar. Mit der Entwicklung des DIAGNOdent (Fa. KaVo, Biberach), wurde die Laserfluoreszenzmessung 1998 als ein praktisch relevantes Ergänzungsverfahren zur Detektion versteckter Dentinläsionen an Fissuren und Grübchen eingeführt (Featherstone 2000). Neben der Detektion und quantitativen Bewertung versteckter Okklusalläsionen wird der Einsatz des Gerätes auch zur Verlaufsdagnostik empfohlen (Lussi 2000).

Über eine Lichtsonde wird Laserlicht der Wellenlänge 655 Nanometer (roter Bereich des sichtbaren Spektrums) auf die zuvor gereinigte und getrocknete Zahnoberfläche geleitet (Anregungsfaser) und von selbiger absorbiert. Wird kariös veränderte Zahnhartsubstanz mit Laserlicht bestrahlt, geben die Karies verursachenden Bakterien eine typische Fluoreszenzstrahlung ab. Da auch gesunde Zahnhartsubstanz eine gewisse Fluoreszenzstrahlung emittiert, muss zunächst eine zahnspezifische Kalibrierung zur Bestimmung der Zahnkonstante vorgenommen werden. Die von den Bakterien abgegebene Fluoreszenzstrahlung (Detektionsfaser) wird zum Gerät zurückgeleitet und nach Eliminierung des Raumlichtes mittels eines Filters elektronisch ausgewertet. Das Messergebnis wird auf dem Display mit einem Wert (0-99) angegeben und zusätzlich ertönt ein akustisches Signal. Zu beachten ist, dass ein Zusammenhang zwischen dem Messwert und der Tiefe der Läsion besteht.

Der Schwellenwert für das Vorliegen einer Dentinkaries wurde in der Literatur unterschiedlich benannt. Lussi et al. (1999) und Pereira et al. (2001) legten Werte > 10 als Grenze fest. Andere Autoren erwähnten Messwerte > 17 (Cortes et al. 2003) oder > 20 (Klinke et al. 2001, Lussi et al. 2001, Alwas-Danowska et al. 2002, Heinrich-Weltzien et al. 2003, Rocha et al. 2003, Angnes, G. et al. 2005). Haak (2003) empfahl den Schwellenwert auf 30 zu verschieben, wenn ein niedriges

Grundrisiko vorliegt und keinerlei visuelle Läsionszeichen sichtbar sind, um die Spezifität zu erhöhen. Eine Graduierung mit Werten über 30 für eine kariöse Läsion im Dentin wurden auch bei Untersuchungen an Zähnen mit sichtbarer Kavitation verwendet (Anttonen et al. 2003). Die Kariesdiagnostik mittels DIAGNOdent kann eine zuverlässige Entscheidungshilfe für oder gegen eine invasive Therapie sein. Wissenschaftliche Studien zu dieser Methode erscheinen weitestgehend vielversprechend (Lussi et al. 2004). Bei braunen bis dunklen Verfärbungen neigen Laserfluoreszenzgeräte jedoch oft zur Überbewertung. Francescut und Lussi (2003) beschrieben, dass von 95 permanenten dritten Molaren mit verfärbter Fissur 13 % eine Dentinkaries zeigten, 30 % eine tiefe Schmelzläsion hatten und 57 % gesunden Schmelz oder initiale Schmelzläsionen. Weitere Studien zur Reliabilität zeigten durchaus ernsthafte Messwertschwankungen auf (Kühnisch et al. 2004). Bei einer geringen Kariesprävalenz auf Populationsebene besteht auch das Risiko falsch positiver Diagnosen, die zu einer Überbehandlung führen können (Bader und Shugars 2004). Daher dürfen Messwerte mit dem DIAGNOdent-Gerät –ebenso wie Röntgenbefunde– keinesfalls losgelöst vom klinischen Erscheinungsbild der Okklusalfäche interpretiert werden (Heinrich-Weltzien et al. 2002).

2.4 Die Pulverstrahltechnik

Aus den oben beschriebenen Methoden zur Kariesdetektion auf der Okklusalfäche geht hervor, dass sie alle eine gewisse Einschränkung haben und somit die Kariesdiagnostik nach wie vor problematisch ist. Schwierig ist es insbesondere dann, wenn es um die Entscheidung geht, ob sich hinter einer verfärbten Fissur eine Initialläsion oder bereits eine manifeste Dentinkaries verbirgt. Während im ersten Fall präventive Maßnahmen (FV) angezeigt sind, kommen im zweiten Fall invasive Verfahren zur Anwendung. Eine zusätzliche Entscheidungshilfe in diesem Prozess ist der Einsatz der Pulverstrahltechnik.

Entwicklung der Pulverstrahltechnik

Das Pulverstrahlverfahren wurde bereits 1945 durch Robert Black (Black 1945) für die Nutzung in der Zahnmedizin eingeführt. Bei dieser Technologie entsteht durch einen Pulver- und Wasserstrahl, der mittels Druckluft auf die Zahnoberfläche geschleudert wird, kinetische Energie. Entsprechende Pulverstrahlgeräte wurden entwickelt, um sie zur Zahnreinigung und Präparation der Kavitätenklassen I, II, III und V Kavitäten einzusetzen (Black 1955). Das erste dafür zugelassene und von Black (1955) entwickelte Gerät war das Aident (Fa. S. S. White Co). Da die mit dem Pulverstrahl präparierten Kavitäten stets leicht abgerundet und uneben waren sowie scharf ausgefrante Ränder hinterließen, war für die Füllungstherapie mit Amalgam oder Gold eine Nachbearbeitung mit konventionellen rotierenden Instrumenten nötig (Black 1955). Insofern konnte sich die Anwendung der Partikelstrahltechnik lange nicht durchsetzen. Auch die Tatsache, dass die Entfernung von Gold und Amalgam mit dem Pulverstrahl schwierig ist und dass zur damaligen Zeit keine effizienten Absauganlagen vorhanden waren, führte vorerst zur Verdrängung der Technik. Die Entwicklung neuer Füllungsmaterialien auf Kunststoffbasis und das damit verbundene minimal invasive Therapiekonzept führten zur Wiederentdeckung der Pulverstrahltechnik und machte selbige erneut zum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen mit innovativer Technik. Dies führte 1992 und 1994 zur Entwicklung von Pulverstrahlgeräten der zweiten beziehungsweise der dritten Generation. Sie unterscheiden sich vor allem dadurch, dass sie durch technische Erneuerungen (Veränderung von Druckluft und Pulver-Wasserstrahlgemisch) immer besser den Anforderungen an eine moderne Adhäsivtechnik genügen. Damit konnten auch die Anwendungsmöglichkeiten erweitert werden. Neben der Füllungstherapie sind die aktuellen Pulverstrahlgeräte laut Herstellerangaben auch zur Vorbereitung des Zahnes für Fissurenversiegelungen geeignet. Neben der Reinigung der Fissur, etwa für die präventive Fissurenversiegelung bei kariesfreien Okklusalfächen oder Okklusalfächen mit Schmelzkaries, kann bei diagnostischem Zweifel das Fissurensystem auch minimal

eröffnet werden und bei vorliegender superfizieller Dentinkaries für die nachfolgende therapeutische Fissurenversiegelung vorbereitet werden. Die Anwendung der Pulverstrahltechnik ist bei größter Schonung der gesunden Zahnhartsubstanz möglich (Klein 1998). Die Schmelzanrauung mit dem Pulverstrahl unterstützt zudem die Säureätztechnik (Katora et al. 1981, Hatibovic-Kofman et al. 2001, Yazici et al. 2006, Bevilacqua et al. 2007) und erhöht damit die Retentionsdauer des Versieglers (Blackwood 2002).

Funktionsweise der Partikelstrahlgeräte

Pulverstrahlgeräte arbeiten mit einem Pulverstrahl, der aus einem Abrasivpulver, Druckluft und Wasser besteht. Moderne Geräte sind nahezu geräuschlos, und sie können ohne Aufwärmzeiten mit Stromanschluss verwendet werden (Bär 1995). Druckluft und Wasserzuführung werden über Anschlüsse an die Dentaleinheit gewährleistet. Das abrasive Pulver ist ein spezielles Aluminiumoxid (Alpha-Aluminiumoxid) unterschiedlicher Größen (27, 50 oder 125 Mikrometer). Die Aluminiumoxid-Partikel sind absolut biokompatibel und werden schon lange in der Medizin angewendet. Sie besitzen folgende Eigenschaften: chemisch stabil, nicht toxisch, leicht fließend, besonders hart, unlöslich in Wasser, farbneutral, preiswert und verfügbar (Brunnert 1993). Während einer Behandlung mit dem Pulverstrahl gelangen durchschnittlich ein bis zwei Gramm Aluminiumoxidpulver in den Patientenmund. Externe und integrierte Hochleistungsabsaugsysteme sorgen für eine rasche Eliminierung des Pulver-Wasser-Gemischs aus der Mundhöhle (Brunnert 1993). Wright et al. (1999) beschrieben, dass beim Arbeiten mit dem Pulverstrahl eine nicht unerhebliche Staubbelastung auftritt, die aber offenbar keine Gesundheitsbelastung für gesunde Patienten darstellt. Die maximal zulässige Gesamtstaubkonzentration beträgt fünfzehn Milligramm pro Kubikmeter (Brunnert 1993). Bei Anwendung von Partikelstrahlgeräten der zweiten und dritten Generation liegt die Staubbelastung um den Faktor tausend niedriger als die zulässige Arbeitsplatzkonzentration (Bär 1995). Dennoch sollten Anwender und Patient

während der Behandlung ausreichend vor zu hoher Staubkonzentration geschützt werden (zum Beispiel durch Schutzbrille, Mundschutz, schützende Umhänge). Die Teilchen des Pulverstrahls setzen kinetische Energie frei und sprengen beim Auftreffen auf die Zahnoberfläche extrinsische Verfärbungen und demineralisierte Substanz ab (Beetke et al. 1998, Engelberg 2005). Die kinetische Energie ist aus mathematisch-physikalischer Sicht das Produkt aus der halben Masse und dem Quadrat der Aufprallgeschwindigkeit. Die Partikel erreichen eine Geschwindigkeit von 2160 Kilometer pro Stunde, und in einer Sekunde werden etwa 4,3 Millionen Teilchen aus der Düse gepresst. Da die kinetische Energie vor allem vom Druck abhängt, ist dieser entscheidend für den wirkungsvollen Abtrag der kariösen Zahnhartsubstanz (Beetke et al. 1998). Der Partikelstrahl der auf die Zahnhartsubstanz auftrifft, hat an der am stärksten fokussierten Stelle einen Durchmesser von etwa 500 Mikrometern. Gearbeitet werden sollte bei einem Abstand der Düse zum Zahnschmelz von zwei bis drei Millimetern. Je weiter die Düse vom Schmelz entfernt ist, desto größer wird der Schneidebereich (Goldstein und Parkins 1994).

Anwendungsbereiche der Partikelstrahlgeräte

Moderne Partikelstrahlgeräte sind nach Herstellerangaben für folgenden Einsatz geeignet: Zahnoberflächenbehandlung vor der präventiven Fissurenversiegelung, Anwendung vor der therapeutischen Fissurenversiegelung, primäre Präparation kleiner Kavitäten der Klassen I, III, IV und V (ohne Nachbearbeitung mit rotierenden oder Handinstrumenten), sekundäre Präparation von Klasse-II-Kavitäten (mit Nachbearbeitung). Je nach Anwendungsbereich empfehlen die Hersteller einen unterschiedlichen Druck des Partikelstrahls und, wie bei Geräten der dritten Generation möglich, eine Änderung der Partikelgröße der Pulverteilchen. So ist beispielsweise das Gerät KCP 2000 ® bei niedrigster Druckeinstellung (40 psi) und kleinerer Partikelgröße für die Kariesdiagnostik, Fissurenversiegelung, Behandlung keilförmiger Zahnhalsdefekte, Desensibilisierung überempfindlicher Zahnhälse und

Ausbesserung defekter Ränder alter und kariesfreier Restaurationen geeignet. Ein Druck von 120 psi in Kombination mit kleineren Aluminiumoxidpartikeln wird zur therapeutischen Fissurenversiegelung und Kavitätenpräparation empfohlen. Die größeren Aluminiumoxidpartikel können bei einem Druck von 40 psi zur Säuberung und Anrauhung von Brackets, Bändern sowie Keramik- und Kompositrestaurationen oder zum Abstrahlen und Reinigen von Befestigungsflächen vor der Zementierung von Kronen, Brücken, Inlays und Veneers angewendet werden. Bei höchstem Druck (160 psi) ist die schnelle Trepanation vorhandener Keramikrestaurationen möglich, ohne das Keramikfrakturen riskiert werden (Bär 1995).

Untersuchungen über den Einsatz von Partikelstrahlgeräten zur Fissurenkariesdiagnostik führten Goldstein und Parkins (1995) durch. Sie beschrieben, dass die Methode der Partikelstrahltechnologie bei der Evaluierung von verfärbten Bereichen am Boden von Fissuren und Grübchen von Vorteil ist. Handelt es sich bei den verfärbten Substanzen um organische Beläge oder Zahnstein, können diese unter Schonung gesunder Zahnschubstanz schnell entfernt werden. Bei Anwendung des abrasiven Pulverstrahls können aber auch tiefer liegende Läsionen zum Vorschein kommen, die durch die Auflagerung von weichen und harten Belägen maskiert sind. Ist keine Karies vorhanden, ist der Zahn gereinigt und für die Fissurenversiegelung vorbereitet. Eine entdeckte Dentinkaries ließ sich jedoch nie ganz mit dem Pulverstrahl entfernen (Goldstein und Parkins 1995, Qual 2002). Auch Lee et al. (1996) lehnten im Fall eines Dentindefektes den Einsatz von Partikelstrahlgeräten ab. In ihrer Vergleichsstudie zur Kariesentfernung mit einem Nd-Yag-Laser, einem rotierenden Instrument und einem Partikelstrahl der dritten Generation waren alle Methoden effektiv. Sowohl mit dem Laser als auch mit dem Partikelstrahl waren eine besonders schonende Öffnung der Kavität und die Entfernung kleinster kariöser Schmelzdefekte möglich. Für die Entfernung kariösen Dentins aus tieferen Dentinläsionen empfahlen Lee et al. (1996) die Anwendung rotierender Schleifinstrumente oder den Exkavator als Mittel der Wahl.

Vor- und Nachteile der Partikelstrahltechnik

Bär (1995) beschrieb die Bedeutung von Partikelstrahlgeräten vor allem für den Einsatz bei Problempatienten, zu denen zum Beispiel Patienten mit erhöhtem Würgereiz, ängstliche und besonders empfindliche Patienten sowie Patienten mit Unverträglichkeitsreaktionen auf Anästhesiemittel zählen. Auch für Kinder wäre ein sanfter Einstieg in die Zahnheilkunde möglich, da die Akzeptanz des „Bohrens“ nicht immer gegeben ist. Eine Untersuchung von Burrow et al. (2001) zeigte, dass Kinder und Jugendliche die Partikelstrahltechnik zu 98 % akzeptierten. Bei Anwendung der Partikelstrahlgeräte kann man dem Wunsch des Patienten nach einer schmerzfreien und Substanz schonenden Behandlungsmethode (Goldstein und Parkins 1994) nachkommen. Für Kinder zählt besonders der psychologische Faktor: der Zahn wird nur etwas tiefgehender „gereinigt“. Geräusche, Vibrationen und der zu erwartende Schmerz sind bei ihnen die größten Angstfaktoren. Bei Anwendung der Partikelstrahltechnik werden extrem selten Schmerzen ausgelöst. Bereits Goldberg (1952) beschrieb, dass bei der Anwendung von Partikelstrahlgeräten oft nur geringe Schmerzen verursacht werden. Auch andere Autoren bestätigten, dass im Vergleich zu rotierenden Instrumenten weniger Schmerzen auftraten und eine Lokalanästhesie seltener nötig war (Goldstein und Parkins 1995, Christensen 1998, White und Eakle 2000). Schmerzen werden verursacht durch Reibungswärme, Vibrationen und bei Austrocknung der Dentinoberfläche (Bleicher 1981). Bei Anwendung der Partikelstrahltechnik empfindet der Patient keine Hitzeentwicklung am Zahn, da die Wärme durch den Luft- und Wasserstrom des Partikelstrahls abgeleitet wird. Temperaturschwankungen in mit Partikelstrahl bearbeiteten Zähnen im Vergleich zu Zähnen, die mit rotierenden Instrumenten behandelt wurden, sind sehr gering und betragen etwa drei bis fünf Grad Celsius (Peaton und Henry 1954). Da die Partikelstrahltechnik nicht mit Hitzeentwicklung am Zahn, Anpressdruck und Vibrationen verbunden ist, ist die Behandlung deutlich schmerzärmer als die Behandlung mit rotierenden Instrumenten. Somit kann eine lokale Anästhesie des Zahnes vermieden werden. Zudem entsteht bei Partikelstrahlgeräten eine geringe

Geräuscentwicklung und die Behandlung verläuft stressfrei und atraumatisch. Van Huysen und Drexell (1953) wiesen nach, dass in keinem Zahn Pulpaschädigungen auftraten, sofern dieser noch eine intakte Dentinschicht aufwies. Reyto (2001) bestätigte ebenfalls, dass die Pulverstrahltechnik mit einem geringen mechanischen und thermischen Trauma für die Pulpa verbunden ist. Auch ein traumatisierender Effekt an der Gingiva oder an anderen Weichgeweben tritt praktisch nicht ein, da die Partikel beim Auftreffen auf Weichgewebe sanft abgebremst werden und sich ihr Energiegehalt verringert.

Ein effizienter Zahnhartsubstanzabtrag im Falle einer Dentinkaries ist nur in trockenen Kavitäten möglich. In feuchtem Milieu haften die Partikel an den Kavitätenwänden und das Abbremsen der Teilchen führt zur Geschwindigkeitsminderung und Reduktion der kinetischen Energie. Der Substanzabtrag ist dabei geringer. Größere, tief kariös erweichte Läsionen lassen sich nicht effizient entfernen. Die kinetische Energie des Pulverstrahls wird dabei vollständig absorbiert und die Partikel prallen wirkungslos zurück, ohne kariöse Substanz absprenge zu können. Man spricht vom sogenannten Trampolin-Effekt. Dieses Phänomen entsteht bevorzugt, wenn es sich um eine akute Karies, die häufig bei Jugendlichen zu beobachten ist, handelt (Boer 2006). Die taktile Kontrolle des zu bearbeitenden Dentins fehlt, deshalb sind die Partikelstrahlgeräte nicht leicht zu handhaben. Eröffnungstiefe und Umrissform hängen sehr davon ab, wie weit die Pulverstrahldüse von der Zahnoberfläche entfernt ist und in welchen Winkel selbige auf den Zahn gerichtet wird. Die Fissur wird umso breiter eröffnet, je weiter die Düse von der Zahnoberfläche entfernt ist (Laurell und Hess 1995, Boston et al. 1995, Santos-Pinto et al. 2001, Santos-Pinto et al. 2001a). Weiterhin können Pulverstrahlgeräte keine scharfen Kanten präparieren, die Präparationsmorphologie ist immer trichterförmig und es entstehen keine geraden Schnittflächen wie bei rotierenden Instrumenten üblich. Mit dem Partikelstrahl wird die geraute Schmelzoberfläche sehr grob und unregelmäßig zerklüftet. Mikroskopisch sind am Schmelz ungleichmäßige Aufrauungen mit durchschnittlichen Tiefen von vier bis

fünfzehn Mikrometern nachweisbar (Beetke et al. 1998). Für die Verwendung von Kompositen ist dies von Vorteil, für die Präparation von Kronen und Inlays allerdings nicht. Nachteilig ist auch die Gefahr der Schädigung von Nachbarzähnen und benachbarter Restaurationen durch die abrasiven Partikel (Kimmel 1998), weshalb die Benutzung eines Kofferdams indiziert ist. Zu den Grenzen der Pulverstrahlgeräte zählen die Präparationen im Approximalbereich trotz Matrize (perforiert), die Entfernung stark unterminierender Karies und die Entfernung einer vorhandenen Restauration, wobei letzteres abhängig vom Füllungsmaterial ist. Plastische Füllungsmaterialien wie Komposite oder Glasionomerzemente (GIZ) lassen sich mit dem Pulverstrahl entfernen, die Entfernung von Gold- oder Keramikinlays stellt keine Indikation für die Pulverstrahltechnik dar. Auch bei der Entfernung von Amalgamfüllungen wurde eine zu hohe Schadstofffreisetzung beobachtet (Boer 2006).

2.5 Die Fissurenversiegelung

Die Versiegelung ist eine evidenzbasierte Methode zur Kariesverhütung im Bereich der Fissuren, Grübchen und Foramina coeca und wurde in vielen Studien als eine bewährte Methode zur Kariesvermeidung beschrieben. Bereits im 18. Jahrhundert versuchte Hunter (1778), die Kariesentstehung durch „Verstopfen“ der Fissur zu verhindern. Ebenso wurde der Gebrauch von Zement zum Füllen von Fissuren dokumentiert (Wilson 1895). Hyatt (1923) beschrieb die Methode der „prophylactic odontotomy“ und Klein und Knutson (1942) verwendeten Silbernitrat zum Herabsetzen der Kariesanfälligkeit von Fissuren und Grübchen. Glasionomerzemente (GIZ) wurden erstmals von Mc Lean und Wilson (1974) als Versiegelermaterialien vorgeschlagen. Gegenwärtig wird die Fissurenversiegelung vor allem mit auto- und lichtpolymerisierenden Kunststoffversiegeln durchgeführt, da GIZ aufgrund der höheren Verlustraten weniger geeignet sind (Hickel et al. 2005).

Indikationen und Kontraindikationen zur Fissurenversiegelung

Die Fissurenversiegelung wird grundsätzlich bei Zähnen mit anatomisch ungünstigem, kariesanfälligem Fissurenrelief sowie bei Patienten mit erhöhtem Kariesrisiko empfohlen. Vor einer Fissurenversiegelung ist eine exakte Befunderhebung und Diagnosestellung nötig, um eine unbeabsichtigte Versiegelung kariöser Fissuren zu vermeiden. In Abhängigkeit vom diagnostischen Entscheidungsprozess (gesunde Fissur, Schmelzkaries oder Dentinkaries) (Abb. 3) wird die Indikation zur präventiven beziehungsweise therapeutischen Fissurenversiegelung oder minimal invasiven Restauration gestellt (Abb. 4). Ziel aller Maßnahmen sollte die Umgestaltung des plaqueretentiven Fissurenreliefs in eine prophylaxefähige Oberfläche sein (Hickel et al. 2005).

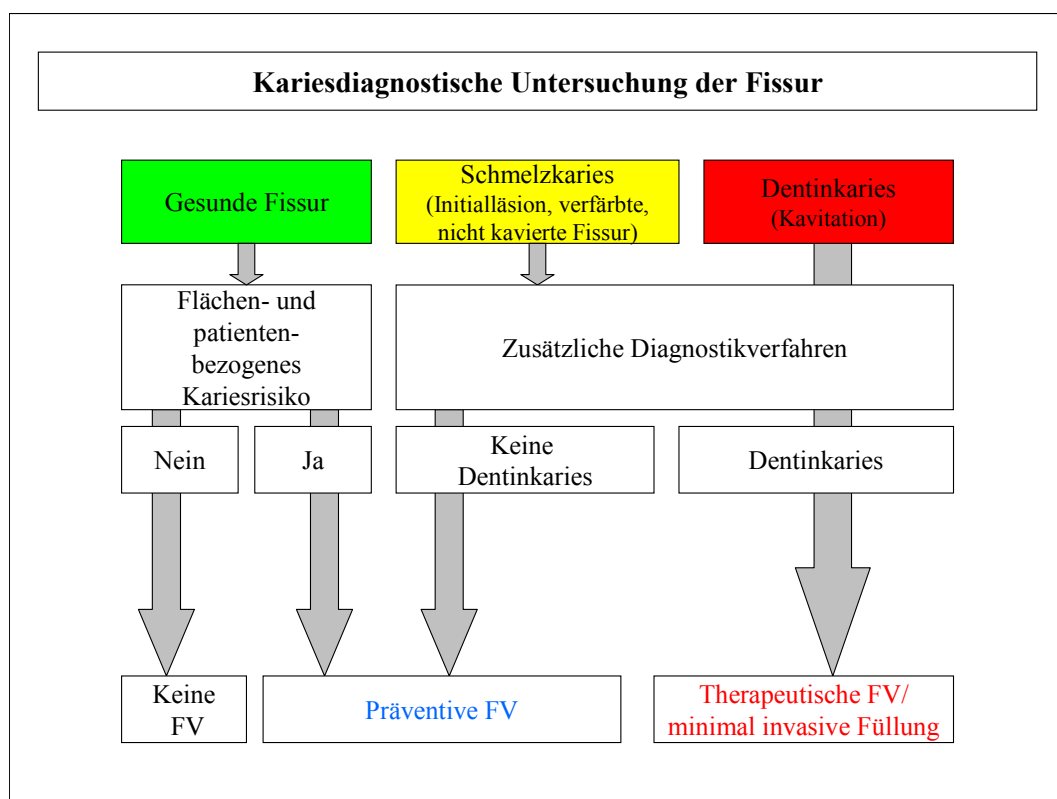


Abbildung 3: Diagnostischer Entscheidungsprozess zur Fissurenversiegelung (nach Hickel et al. 2005)

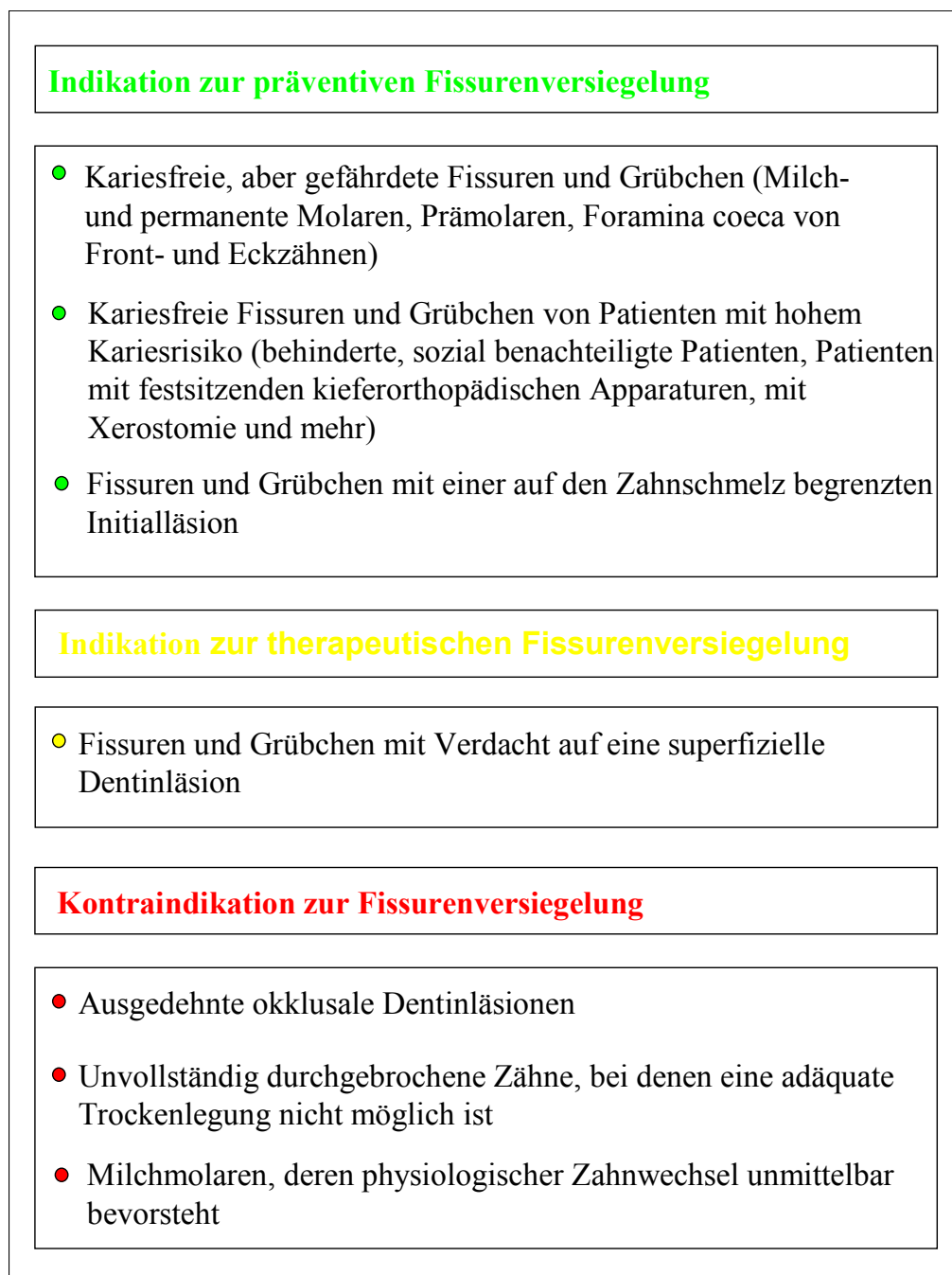


Abbildung 4: Übersicht über Indikation und Kontraindikation von Fissurenversiegelungen (nach Hickel et al. 2005)

Voraussetzung für eine einwandfreie präventive Fissurenversiegelung sind karies- und verfärbungsfreie Molaren oder Molaren mit einer Schmelzkaries. Bei leicht kariösen und verfärbten Fissuren, die eine Karies im oberflächlichen Dentin repräsentieren, ist eine therapeutische Fissurenversiegelung angezeigt. Die Versiegelung über einer nicht diagnostizierten Karies kann zwar zum Stillstand ihrer Progression führen (Mertz-Fairhurst 1995), aber auch zur unterminierenden Kariesausbreitung (Staehle 1996). Die Versiegelung an bestehenden Initiailläsionen wird empfohlen, um ihr Fortschreiten zu vermeiden (Welbury et al. 2004). Dabei stellt die vollständige Versiegelung der Initiailläsion beziehungsweise des Fissurenreliefs unter Einhaltung der evidenzgeprüften Arbeitsschritte und Wahrung des Qualitätsmanagements eine wichtige Voraussetzung dar. Müller et al. (2006) haben in einer In-vitro-Studie beschrieben, dass die Versiegelung oder das Aufbringen von Adhäsiven über einer initialen Läsion eine weitere Demineralisation hemmt. Ungenügende Reinigung der Fissur bis auf den Fissurengrund, unzureichende Trockenlegung und Lufteinschlüsse im Versiegelermaterial können die Ursache für partielle oder totale Versiegelerverluste sein, denn Verunreinigungen am Fissurengrund verhindern die Entstehung eines optimalen Säureätzusters, so dass das Ätzmuster nur an den Höckerabhängen, nicht jedoch am Fissurengrund entsteht (Silverstone 1974). Die Qualität einer Fissurenversiegelung kann aber auch von der Art (Prämolaren und Molaren) und/oder der Lokalisation (Molaren im Ober- und Unterkiefer) des zu versiegelnden Zahnes abhängen. Für Prämolaren konnten im Vergleich zu Molaren in mehreren Studien Retentionsraten von 100 % nachgewiesen werden (Li et al. 1981, Sveen und Jensen 1986, Brooks et al. 1988, Messer et al. 1997, Vrbic 1999). Verschiedene Autoren beschrieben ebenfalls, dass Molaren im Oberkiefer häufiger als die im Unterkiefer von einem partiellen Versiegelerverlust betroffen waren (Horowitz et al. 1977, Rock und Evans 1983, Whyte et al. 1987, Riehte 1988, Rock et al. 1996, Irmisch et al. 1997, Kühnisch und Heinrich-Weltzien 1999).

Klinisches Vorgehen bei der Fissurenversiegelung

Das klinische Vorgehen wurde in der Leitlinie Fissurenversiegelung (Hickel et al. 2005) ausführlich beschrieben. Demzufolge muss die Schmelzoberfläche der zu versiegelnden Zähne vor der Fissurenversiegelung gereinigt werden, wobei anhaftende Plaque entfernt werden muss. Die Reinigung kann mit rotierenden Bürstchen und Prophylaxepasten oder Pulverstrahlgeräten erfolgen. Stehen genannte Methoden nicht zur Verfügung, sollte zum Beispiel Natriumhypochlorit oder 3 %-ige Wasserstoffperoxidlösung zur Fissurenreinigung verwendet werden. Nach absoluter oder relativer Trockenlegung des zu versiegelnden Zahnes wird die Schmelzoberfläche konditioniert. Hierfür wird 35 %-iges Phosphorsäuregel empfohlen, dass für circa sechzig Sekunden am bleibenden Zahn aufgetragen wird, und danach zehn Sekunden lang abgesprayt wird. Nach forcierter Trocknung erscheint eine kreidig weiße Schmelzoberfläche. Bei präpariertem Schmelz kann die Ätzzeit auf dreißig Sekunden verkürzt werden, bei der therapeutischen Fissurenversiegelung beziehungsweise minimal invasiven Füllung mit Dentinbeteiligung ist eine Dentinätzung für fünfzehn Sekunden ausreichend. Nach der Ätzung wird der Versiegeler grazil appliziert und polymerisiert. Anschließend muss die oberflächliche, nicht polymerisierte Sauerstoffinhibitionsschicht durch kurze Politur entfernt werden. Zuletzt folgen eine Okklusionskontrolle sowie die Fluoridapplikation auf geätzte, aber nicht versiegelte Bereiche. Innerhalb des ersten halben Jahres nach Durchführung der Fissurenversiegelung sollte eine Nachkontrolle erfolgen. Zum einen kann hierbei die Retentionsrate des Versiegeler bestimmt sowie eine eventuelle Kariesentwicklung festgestellt werden. Bei Versiegelerverlust ist eine Nachversiegelung angezeigt (Hickel et al. 2005). Die Retentionsraten der Fissurenversiegelungen konnten aber in den letzten dreißig Jahren von ein bis zwei Jahren (Marthaler 1976) auf fünf bis zehn Jahre verbessert werden (Weerheijm et al. 1992a). Es sind aber auch Liegezeiten von mehr als fünfzehn Jahren beschrieben (Trummler und Weiss 2001, Wendt et al. 2001). Trotz Versiegelung kariös gewordene Fissuren müssen nach Kariesexkavation gefüllt werden.

Versiegelermaterialien

Gegenwärtig werden vor allem Kunststoffversiegeler verwendet. Dabei handelt es sich um Komposite, die drei Hauptbestandteile besitzen; die organische Matrix (Monomere, Initiatoren, Stabilisatoren, Farbstoffe, Pigmente und andere Zusätze), die disperse Phase bilden die Füller (Titanoxid, Siliziumoxid) und die Verbundphase (Silane und Co-Polymere). Es existieren auch fluoridhaltige Versiegeler, die zum Beispiel Natriumfluorid enthalten. In Hinblick auf den Aushärtungsmodus können drei Typen von Kunststoffversiegeler unterschieden werden: erste Generation (UV-Lichthärtende Materialien), zweite Generation (chemisch-härtende Materialien) und dritte Generation (mit sichtbarem Licht auszuhärtende Materialien). Die erste Generation ist heute nicht mehr auf dem Dentalmarkt verfügbar, was vor allem den hohen Verlustraten geschuldet ist. Bei allergischen Reaktionen auf Kunststoffbestandteile oder bei Schmelzhypoplasien mit nicht retentivem Ätzmuster, werden heute auch noch Glasionomerezemente (GIZ) verwendet. GIZ sind Verbindungen aus organischen (Hydroxycarbonsäuren) und anorganischen (Aluminium-Silikatgläsern) Komponenten, die nach einer Säure-Base-Reaktion aushärten. Durch die chemische Bindung der Hydroxylgruppen und Ca-Ionen im Hydroxylapatit soll die mikromechanische Retention entstehen. Die Fluoridabgabe und die damit verbundene Karieshemmung werden als Vorteile der GIZ beschrieben (Hickel 1997, Cunea et al. 2000). Weiterhin haften GIZ chemisch an der Schmelzoberfläche, weshalb ein Ätzen wie bei Versiegeler auf Kunststoffbasis nicht nötig ist. Geringe Feuchtigkeitsspuren am Schmelz wirken sich im Gegensatz zu den hydrophoben Kunststoffen nicht so negativ aus (Hickel 1997). Nachteilig zu bewerten sind hingegen die längere Abbindezeit und die relativ schlechten Fließeigenschaften. Die Retentionsrate der GIZ im Vergleich zu konventionellen Versiegeler auf Kunststoffbasis erweist sich als relativ gering, trotzdem ist die Kariesreduktion vergleichbar, wenn der Versiegeler haftet (Hickel 1997).

3. Zielstellung

Hauptziel der Studie war die Beurteilung über die Eignung des Pulverstrahlgerätes AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX (EMS, Schweiz, 2004) in der Kinderzahnheilkunde zur Verifizierung der okklusalen Kariesdiagnostik und zur Vorbereitung der Fissurenversiegelung.

Als Teilziele galten:

- Die Bestimmung der Güteparameter der visuellen Kariesdiagnostik und der Kariesdiagnostik mittels Laserfluoreszenzmessung zur Früherkennung kariöser Läsionen auf den Okklusalfächen permanenter Molaren im Vergleich zum getesteten Pulverstrahlgerät.
- Die Analyse über die Qualität von präventiven und therapeutischen Fissurenversiegelungen nach sechs Monaten.
- Die Einschätzung der Studienteilnehmer über das persönliche Empfinden während der Behandlung mit dem Pulverstrahlgerät AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX.

4. Probanden und Methoden

4.1 Vorbereitung und Organisation der Studie

Die Studie, bestehend aus einem klinischen und einem soziologischen Teil, wurde am WHO-Kollaborationszentrum „Prävention oraler Erkrankungen“ (WHOCC) des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (ZZMK) der Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU) organisiert, vorbereitet und durchgeführt. Das zu untersuchende Pulverstrahlgerät, AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX, stellte die Herstellerfirma Electro Medical Systems (EMS, Nyon, Schweiz) für die klinische Erprobung bereit.

Vor Studienbeginn wurde unter Leitung von Frau Prof. Dr. med. habil. Dr. h. c. Borutta ein Behandlungsteam gebildet, das aus der Autorin der Arbeit, einer zahnärztlichen Helferin und einer Tutorin bestand. Die Autorin der Arbeit war in alle Phasen der technischen Vorbereitung, Organisation und Durchführung der Studie involviert. Für die fotografische Dokumentation stand ein Fotograf der FSU zur Verfügung. Vor Beginn der Studie musste das Pulverstrahlgerät von einem Dentaltechniker an die zahnärztliche Einheit (KaVo Estetica 1065) im zahnärztlichen Sprechzimmer des WHOCC angeschlossen werden, um die Verbindung aus dem zentralen Versorgungssystem des ZZMK für Druckluft- und Wasserzufuhr zu gewährleisten (Abb. 5). Die Einweisung aller Teammitglieder über Funktion und Wartung des Gerätes erfolgte durch einen Firmenvertreter von EMS.



Abbildung 5: Zahnärztliches Sprechzimmer des WHOCC: AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX ist an die zahnärztliche Einheit (KaVo Estetica 1065) angeschlossen

Ein Untersuchungsbogen (siehe Anhang) wurde erstellt. Dieser enthielt neben den persönlichen Identifikationskriterien (Probandennummer, Alter, Geschlecht und Nationalität) die anonyme Dokumentation des Dentitions- und Kariesstatus (dmfs,dmft, DMFS und DMFT) und ermöglichte die spezielle Kariesdiagnostik zur Früherkennung von okklusalen Läsionen sowie die Qualitätseinschätzung der durchgeführten Fissurenversiegelungen nach sechs Monaten.

Ein Trainings- und Kalibrierungskurs unter Leitung einer erfahrenen Zahnärztin diente zur Befähigung der Autorin für die Bestimmung des Dentitions- und Kariesstatus. Dafür standen ausgewählte Patienten der Poliklinik für Präventive Zahnheilkunde zur Verfügung.

Training und Kalibration für die spezielle Kariesdiagnostik der Okklusalflächen wurden zunächst mit extrahierten Zähnen durchgeführt, wobei es sich um Prämolaren und dritte Molaren handelte, die aus kieferorthopädischen oder kieferchirurgischen Gründen extrahiert werden mussten. Alle extrahierten Zähne wurden nach intensiver Reinigung mit einem rotierenden Bürstchen bis zur Befundung in 0,01 %-iger Natrium-Acid-Lösung (NaN_3) gelagert. Für die Kalibrierung der visuellen Kariesdiagnostik wurden die Okklusalflächen der extrahierten Zähne nach denen von Ekstrand et al. (1997) definierten Kriterien sowohl von der Teamleiterin als auch von der Autorin zweimal befundet. Die Beurteilung der Zähne erfolgte vor und nach Lufttrocknung (mindestens fünf Sekunden) bei standardisierter Beleuchtung und unter Zuhilfenahme einer vierfachen Vergrößerungsbrille. Daran schloss sich die zweimalige Befundung beider Untersucher auf den relativ getrockneten Zahnoberflächen mit Hilfe des DIAGNOdent an. Abschließend kam zur Verifizierung der vorangegangenen Befunde das AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX zum Einsatz. Die Autorin befundete die mit dem Pulverstrahlgerät behandelten Zähne zweimal im Abstand von einer Woche. Die Einzeldiagnosen wurden anschließend von der Teamleiterin kontrolliert und diskordante Ergebnisse mit der Autorin diskutiert. Die Kalibrierung setzte sich solange fort, bis eine 95 %-ige Übereinstimmung der Inter- und

Intrauntersuchungsvariabilität in der Diagnostik erreicht war ($\kappa = 0,95$). An fünf ausgewählten, für die Studie geeigneten Probanden (Patienten im Durchschnittsalter von zehn Jahren) erfolgte ein Prätest, der die Autorin zur Durchführung der klinischen Studie befähigte.

Für den soziologischen Teil der Studie wurde ein Fragebogen (siehe Anhang) erstellt, der sich an den empirischen Regeln der Sozialforschung (Mayer 2002, 2002a, 2002b) orientierte und an den ausgewählten Testpersonen validiert wurde.

Es folgte die Vervielfältigung sämtlicher Dokumentationsunterlagen in der erforderlichen Menge.

Die für die Studie notwendigen zahnärztlichen Geräte, Untersuchungsinstrumente und Materialien wurden von der Poliklinik für Präventive Zahnheilkunde bereitgestellt.

4.2 Auswahl der Probanden

Als Probanden galten männliche ($n = 11$) und weibliche ($n = 7$) Patienten der Poliklinik für Präventive Zahnheilkunde der FSU Jena. Ihr Gebisszustand musste wenigstens einen permanenten Molar aufweisen, der noch nicht versiegelt war. Die ausgewählten Molaren mussten auf allen Flächen kariesfrei sein ($DFT = 0$) und durften keine klinisch sichtbaren Mineralisationsstörungen im Schmelz haben. Das Probandenalter lag zwischen sechs und fünfzehn Jahren, wobei es sich um die Geburtsjahrgänge 1991 bis 2001 handelte. Alle Studienteilnehmer hatten einen guten allgemeinen Gesundheitszustand, waren frei von Allergieerkrankungen, insbesondere der Atemwege, was aus den Patientenakten hervorging und durch anamnestische Befragung gesichert wurde. Unter Beachtung der Ein- und Ausschlusskriterien standen 66 Okklusalfächen zur Verfügung, die diagnostiziert und behandelt werden konnten.

4.3 Klinischer Teil der Studie

Die Untersuchungen fanden im zahnärztlichen Sprechzimmer des WHOCC auf dem Patientenstuhl der zahnärztlichen Einheit (KaVo Estetica 1065) unter künstlicher Beleuchtung statt.

Vor Beginn der Untersuchung reinigten sich die Studienteilnehmer unter Anleitung der Autorin die Zähne. Dafür erhielten die Probanden altersentsprechende Zahnbürsten und Zahnpasten. Danach erfolgte die Bestimmung des Dentitions- und Kariesstatus visuell nach Lufttrocknung mit Mundspiegeln und stumpfen Sonden sowohl zahn- als auch flächenbezogen nach den dmf/DMF-Kriterien (WHO 1997). Alle kariesstatistischen Erhebungen begannen rechts oben im ersten Gebissquadranten an dem am weitesten distal stehenden Zahn und setzten sich dann zum zweiten, vierten und dritten Quadranten fort, und endeten jeweils links unten am weitesten distal stehenden Zahn. Berücksichtigt wurden neben den Milchzähnen alle vollständig durchgebrochenen, noch nicht durchgebrochenen sowie im Durchbruch befindlichen Zähne der zweiten Dentition. Die Daten des DMFT-Index beziehen sich auf maximal 28 Zähne, die des dmft-Index auf 20. Der DMFS/dmfs-Index beurteilt maximal 128/88 Flächen, wobei Seitenzähne mit fünf und Frontzähne mit vier Flächen figurieren.

Die spezielle Kariesdetektion auf den Okklusalfächen der zu versiegelnden Zähne erfolgte zunächst visuell nach Ekstrand et al. (1997) und anschließend durch Laserfluoreszenzmessung (DIAGNOdent) unter Beachtung des bereits von Klinker et al. (2001), Lussi et al. (2001), Alwas-Danowski et al. (2002), Heinrich-Weltzien et al. (2003), Rocha et al. (2003), Angnes, G. et al. (2005) gewählten Schwellenwertes von > 20 für eine Dentinkaries. Zur Festlegung des Referenzwertes kam abschließend das Pulverstrahlgerät AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX zum Einsatz. In Abhängigkeit von der Referenz wurde die indikationsgerechte zahnärztliche Intervention durchgeführt. Nach der Leitlinie „Fissurenversiegelung“ wurden die mittels Pulverstrahltechnik als gesund oder mit Initialläsionen, begrenzt auf den Zahnschmelz, beurteilten Fissuren präventiv versiegelt. Bei superfiziellen

Dentinläsionen erfolgte eine therapeutische Fissurenversiegelung. Eine Füllungstherapie mit Kompositmaterialien war bei Molaren mit einer Karies im inneren Dentin nach vorher durchgeführter Kariesexkavierung erforderlich.

Nach sechs Monaten wurde eine qualitätsbezogene Einschätzung der zuvor durchgeführten präventiven und therapeutischen Versiegelungen vorgenommen.

4.3.1 Früherkennung kariöser Läsionen

Visuelle Kariesdiagnostik

Die visuelle Kariesdiagnostik erfolgte auf der gründlich gereinigten Okklusalfäche. Vor und nach Lufttrocknung von mindestens fünf Sekunden (relative Trockenlegung) wurden unter standardisierter Beleuchtung und Nutzung einer vierfachen Vergrößerungsbrille die visuellen Befunde erhoben. Diese Methode basierte auf folgenden Gradeinteilungen (Ekstrand et al. 1997) (Tab. 1).

Tabelle 1: Visuelle Kariesdiagnostik nach Ekstrand et al. (1997)

Gradeinteilung	Definition nach Ekstrand et al. (1997)
Grad 0	Keine oder leichte Veränderungen der Schmelztransluzenz nach verlängerter Lufttrocknung (> 5 Sekunden)
Grad 1	Opazität oder Braunverfärbung auf der feuchten kaum, aber nach Lufttrocknung deutlich sichtbar
Grad 2	Opazität oder Braunverfärbung deutlich sichtbar ohne Lufttrocknung
Grad 3	Lokaler Schmelzeinbruch im opaken oder verfärbten Schmelz und/oder gräuliche Verfärbung des darunter liegenden Dentins
Grad 4	Kavitation im opaken oder verfärbten Schmelz mit Freilegung des darunter liegenden Dentins

Laserfluoreszenzmessung

Unter Beibehaltung der relativen Trockenlegung erfolgte die Anwendung des DIAGNOdent (Abb. 6) laut Herstellerinformation.



Abbildung 6: Messgerät zur Erfassung der Laserfluoreszenzwerte: DIAGNOdent

Nach Kalibrierung des Gerätes mit dem mitgelieferten Keramikstandard wurde vor jeder Messung eine zusätzliche individuelle Eichung vorgenommen. Die leicht zugängliche und intakte Außenfläche der jeweils zu untersuchenden Molaren diente dabei der Bestimmung der Zahnkonstante. Die Okklusalfächen der untersuchungsrelevanten Zähne wurden anschließend mit der konischen A-Sonde leicht rotierend abgefahren. Durch Neigung der Lasersonde nach links und rechts konnten alle anatomischen Strukturen des Fissurenreliefs erfasst und der vom Gerät angezeigte Momentanwert sowie der durch ein akustisches Signal unterstützte maximale Fluoreszenzwert (0-99) ermittelt werden.

Für die einzelnen Peak-Werte galten folgende diagnostische Zuordnungen (Tab. 2):

Tabelle 2: Diagnostische Kriterien für die Laserfluoreszenzmessung mit dem DIAGNOdent

Laserfluoreszenzwerte	Definition
0 bis 13	kariesfreie Okklusalfäche
14-20	Schmelzkaries
> 20	Dentinkaries

AIR-FLOW® PREP K1 MAX und seine Anwendung

Das Pulverstrahlgerät AIR-FLOW® PREP K1 MAX ist der Nachfolger von AIR-FLOW® PREP K1 und unterscheidet sich von Letzterem in erster Linie durch eine höhere Druckluftversorgung von maximal 7,0 bar. Das zentrale Versorgungssystem, an das das Pulverstrahlgerät angeschlossen war, gestattete eine Druckluftversorgung von 5,0 bar, wodurch die maximale Arbeitsleistung von AIR-FLOW® PREP K1 MAX zwar verringert, aber dennoch höher als bei seinem Vorgänger (4,5 bar), war. Dieser Druck galt jedoch als ausreichend für den geplanten Einsatz des Gerätes zur Kariesdiagnostik und Vorbereitung der Fissurenversiegelung.

Bei AIR-FLOW® PREP K1 MAX (Abb. 7) handelt es sich um ein kompaktes Gerät (Breite: 246 Millimeter, Tiefe: 240 Millimeter und Anschlüsse, Höhe: 120 Millimeter), das eine Pulverkammer mit Drehverschluss auf der Oberseite besitzt. An der Vorderseite befinden sich zwei stufenlose Schalter für Wasser- und Pulverzufuhr. Der Arbeitsansatz ist über ein Schlauchsystem mit dem Geräteinneren verbunden (Abb. 8). Der Ein- beziehungsweise Ausschaltknopf sowie verschiedene Anschlüsse sind an der hinteren Seite des Gerätes vorhanden (Abb. 9).

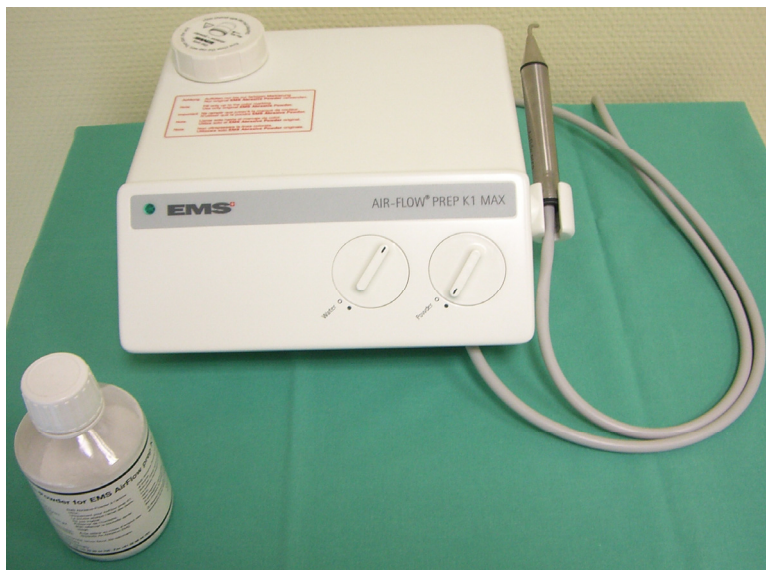


Abbildung 7: AIR-FLOW® PREP K1 MAX

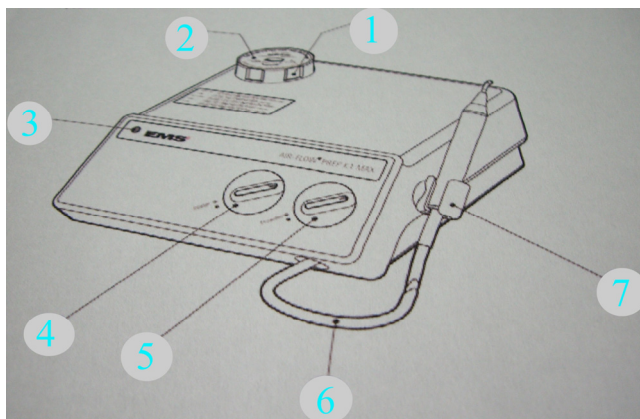


Abbildung 8: Schematische Darstellung: Vorderansicht von AIR-FLOW® PREP K1 MAX
(aus AIR-FLOW® PREP K1 MAX Operating instructions)

- 1 Drehverschluss
- 2 Pulverkammer
- 3 Kontrolllampe (leuchtet grün, wenn Gerät eingeschaltet ist)
- 4 Stufenlose Schalter für Wassereinstellung
- 5 Stufenloser Schalter für Pulvereinstellung
- 6 Schlauchsystem, verbunden mit dem Arbeitsansatz
- 7 Halter für den Arbeitsansatz

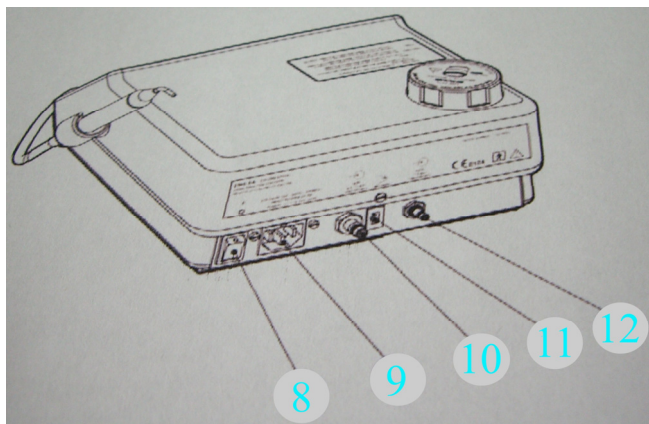


Abbildung 9: Schematische Darstellung: Rückansicht von AIR-FLOW® PREP K1 MAX (aus AIR-FLOW® PREP K1 MAX Operating instructions)

- | | |
|----|------------------------------------|
| 8 | Ein/Aus-Knopf |
| 9 | Verbindung zur dentalen Einheit |
| 10 | Anschluss für die Druckluftzufuhr |
| 11 | Anschluss für das Fußpedal |
| 12 | Anschluss für die Wasserversorgung |

Vor Inbetriebnahme wird die Pulverkammer (Fassungsvermögen ungefähr 40 Gramm) bis zum Eichstrich mit Alpha-Aluminiumoxid-Pulver, das eine Korngröße von 27 Mikrometer und Zitronengeschmack hatte, gefüllt. Da das Pulver eine abrasive Wirkung hat, sind alle Geräteteile, die mit Alpha-Aluminiumoxid in Kontakt kommen, speziell für die Verwendung ausgelegt.

Nach Einschalten der zahnärztlichen Einheit (KaVo Estetica 1065) und des Gerätes erfolgt durch Betätigung des Fußpedals am AIR-FLOW® PREP K1 MAX im Inneren des Gerätes die Mischung der Druckluft mit dem Pulver, die in der Düsen Spitze koaxial von einem physiologisch temperierten Wasserstrahl ummantelt wird. Die Teilchen des Abrasivpulvers erhalten kinetische Energie.

Der Hersteller empfiehlt das Gerät für folgende Anwendungsbereiche:

- Kariesdiagnostik
- präventive Maßnahmen (Grübchen- und Fissurenversiegelungen)
- ästhetische Maßnahmen (Beseitigung von Zahnverfärbungen oder Schmelzdysplasien)
- restaurative Maßnahmen (Entfernen von Karies, Reparieren oder Entfernen von vorhandenen Kompositrestaurationen oder Zementfüllungen)
- prothetische Maßnahmen (Abstrahlen von Zahnersatz vor dem Zementieren)
- orthodontische Maßnahmen (Vorbereitung der Zahnoberfläche vor dem Kleben von Brackets, Säuberung der Zähne nach Abschluss orthodontischer Maßnahmen)

Je nach Anwendungsgebiet kann am Pulverstrahlgerät das Verhältnis von Pulver- und Wassermenge eingestellt werden. Zur Reinigung des Zahnes genügt eine geringere Pulverkonzentration bei erhöhter Wasserzufuhr. Soll das Gerät zur Kariesentfernung eingesetzt werden, muss die Wassermenge bei höchster Pulvereinstellung entsprechend verringert werden.

Bei der Anwendung des Gerätes (Abb. 10) wurden nachstehende Herstellerangaben berücksichtigt:

- Überprüfung von Pulverfüllstand, Verhältnis von Pulver- und Wassermenge sowie Luftdruck vor Arbeitsbeginn
- Einstellung des Pulver-Wassergemischs in Abhängigkeit zum Anwendungsgebiet

- Ausstattung des Probanden und des Behandlungsteams mit Schutzbrillen sowie Schutzhelmen, um überschüssige Pulverpartikel abzufangen
- der Arbeitsansatz des Pulverstrahlgerätes wurde im 45 Grad Winkel zur Zahnachse auf die zu behandelnde Zahnoberfläche gerichtet
- der Abstand von der Okklusalfäche zum Arbeitsansatz betrug einen Millimeter
- das überschüssige Pulver-Wassergemisch wurde während der Behandlung von der zahnärztlichen Helferin abgesaugt



Abbildung 10: Anwendung von AIR-FLOW® PREP K1 MAX

Mit Hilfe des AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX wurde die Fissur gereinigt und/oder bei vorhandener Karies minimal invasiv eröffnet. Danach war die genaue Diagnosestellung möglich (Abb. 11a und Abb. 11b).

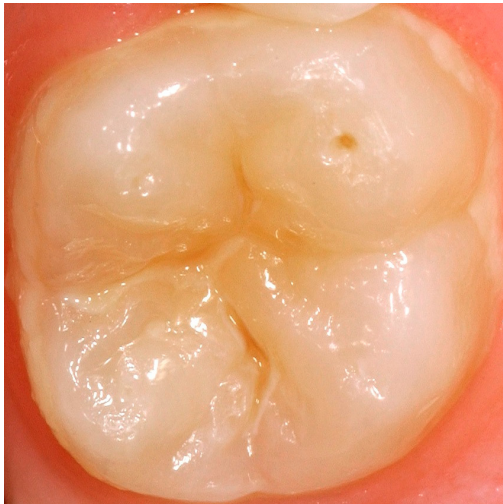


Abbildung 11a: Zahn 36 vor der Anwendung von AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX



Abbildung 11b: Zahn 36 nach der Anwendung von AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX: Karies im oberflächlichen Dentin

Es konnte beurteilt werden, ob die Fissur kariesfrei war oder ob es sich bereits um einen kariösen Defekt im Schmelz oder Dentin handelte. Für die Beurteilung galten folgende Gradeinteilungen mit den entsprechenden Kriterien (Tab. 3):

Tabelle 3: Kriterien für die Kariesdiagnostik nach Anwendung von AIR-FLOW® PREP K1 MAX

Gradeinteilung	Definition
Grad 0	Vorhandensein einer kariesfreien Fissur
Grad 1	Karies, die auf die äußere Schmelzhälfte begrenzt ist
Grad 2	Karies, die bis zur inneren Schmelzhälfte vorgedrungen ist, die Schmelz-Dentin-Grenze aber noch nicht durchbrochen hat
Grad 3	Karies, die die äußere Dentinhälfte involviert hat
Grad 4	Karies, die bis zur inneren Hälfte des Dentins vorgedrungen ist

4.3.2 Durchführung der Fissurenversiegelungen

Okklusalflächen, die in Bezug auf die Referenz Grad 0-2 aufwiesen, wurden mit präventiven Fissurenversiegelungen versorgt. Die durch Grad 3 charakterisierten Okklusalflächen hatten eine therapeutische Fissurenversiegelung zur Folge. Alle Fissurenversiegelungen wurden unter relativer Trockenlegung durchgeführt. Da durch die Anwendung von AIR-FLOW® PREP K1 MAX bereits eine geringe Aufrauung der Oberfläche zur Verbesserung der Adhäsion erzielt werden konnte, war es möglich, die Schmelzätzung mit 35 %-igem Phosphorsäuregel für die präventive Fissurenversiegelung auf dreißig Sekunden zu begrenzen, für die Dentinkonditionierung bei Durchführung der therapeutischen Fissurenversiegelung reichten fünfzehn Sekunden aus (Hickel et al. 2005) (Abb. 12). Nach Abspülung des säurehaltigen Gels mittels Wasserstrahl aus der Unispritze der zahnärztlichen Einheit (KaVo Estetica 1065) und Trocknung der Fissur mit dem Luftbläser wurden die

Zähne mit Fissurit Fx (VOCO, Cuxhaven, Germany) versiegelt (Abb. 13), einem Material, das sich zu Beginn der Studie bereits in klinischer Anwendung befand und auf dem deutschen Markt erhältlich war. Es handelt sich dabei um ein weißes, hochgefülltes, lichthärtendes Kompositversiegelungsmaterial der dritten Generation mit einem Fluoridanteil von 1 %, was einem Zusatz von 2 Gew. % Natriumfluorid entspricht (www.voco.de/praeparate). Nach vierzig Sekunden Härtung durch Halogenlichteinwirkung mit der Polyluxlampe II (Fa. KaVo, Biberach, Germany) (Abb. 14) und Entfernung der Sauerstoffinhibitionsschicht mittels Politur, wurde eine Okklusionskontrolle durchgeführt. Anschließend wurde Duraphat-Lack (GABA, Germany) auf geätzte, aber nicht versiegelte Bereiche zur raschen Remineralisation aufgetragen (Abb. 15).



Abbildung 12: Aufbringen von Säureätzgel



Abbildung 13: Auftragen des Fissurenversiegeler auf das gereinigte Fissurenrelief



Abbildung 14: Lichthärtung des Versiegelerers



Abbildung 15: Touchierung der Okklusalfäche mit einem fluoridhaltigen Präparat

4.3.3 Qualitätseinschätzung der Fissurenversiegelungen

Nach sechs Monaten erfolgte eine Qualitätseinschätzung der Fissurenversiegelungen nach den klinischen Kriterien Retention, Beschaffenheit der Materialoberfläche, Randspalten und Randverfärbungen. Dadurch war es möglich, eventuelle Indikationen zur Nachversiegelung oder die Diagnose Karies zu stellen. Alle Nachuntersuchungen fanden wieder im zahnärztlichen Sprechzimmer, analog zu den Bedingungen zu Beginn der Studie, statt. Die systematische klinische Beurteilung der Fissurenversiegelungen, durchgeführt mit Mundspiegeln, stumpfen Sonden und

vierfacher Vergrößerungsbrille, basierte auf dem von Ryge (1980) entwickelten U.S. Public Health Bewertungssystem für moderne Füllungswerkstoffe (USPHS-Kriterien), das für die vorliegende Studie durch die Autorin modifiziert wurde. Dabei fanden folgende Bewertungen der Fissurenversiegelung Berücksichtigung: „Alpha“ (exzellent), „Bravo“ (akzeptabel), „Charlie“ (Erneuerung aus Präventionsgründen) sowie „Delta“ (sofortige Erneuerung nötig).

Für die Beurteilung der Retention galt:

Alpha	Das Fissurensystem ist vollständig mit Versiegeler bedeckt.
Bravo	Der Versiegeler ist geringfügig verloren gegangen.
Charlie	Große Teile des Fissurensystems sind wieder exponiert.
Delta	Die Kaufläche ist frei von Versiegeler, was dem vollständigen Verlust entspricht.

Die Materialoberfläche wurde nach Lufteinschlüssen und Oberflächenbeschaffenheit charakterisiert:

Alpha	Die Versiegelung weist keine Lufteinschlüsse auf.
Bravo	Es können kleine, sondierbare Luftblasen festgestellt werden.
Charlie	Die Versiegelung weist höchstens eine große Luftblase auf.
Delta	Im Versiegelermaterial sind mehrere große Luftblasen feststellbar.
Alpha	Die Oberfläche ist glatt.
Bravo	Der Versiegeler ist leicht rau.
Charlie	Der Versiegeler ist sehr rau und weist kleine Furchen auf.
Delta	Das Versiegelermaterial ist frakturiert.

Der Randspalt wurde wie folgt beurteilt:

Alpha	Zwischen Versiegelung und Zahn ist kein Randspalt tastbar, die Sonde gleitet übergangslos.
Bravo	Der Randspalt ist tastbar. Ein leichtes Haken mit der Sonde tritt auf.
Charlie	Der Randspalt ist tastbar, verbunden mit einem deutlichen Haken oder Eindringen der Sonde in den Spalt.
Delta	Der Randspalt ist sichtbar und kann als deutliche Stufe wahrgenommen werden.

Nach folgenden Kriterien wurde die Fissurenversiegelung auf das Vorhandensein einer Verfärbung oder Vorliegen einer Karies überprüft:

Alpha	Die Fissurenversiegelung weist keinerlei Randverfärbungen auf.
Bravo	Es sind Verfärbungen vorhanden, diese sind jedoch nur oberflächlich.
Charlie	Die Fissurenversiegelung weist starke, in die Tiefe reichende Verfärbungen auf.
Delta	Es wird Karies aufgrund von Kavitationen, opaken Veränderungen oder deutlich unterminierend durchscheinenden Verfärbungen diagnostiziert.

Demzufolge zeigen Alpha und Bravo das klinische Bild einer akzeptablen, nicht erneuerungsbedürftigen Fissurenversiegelung, Charlie und Delta hingegen nicht.

Sämtliche Untersuchungsdaten des klinischen Teils der Studie wurden stets von der Tutorin unmittelbar während der Befundung in den oben erwähnten Untersuchungsbogen kodiert eingetragen, damit sich die Untersucherin ausschließlich auf die diagnostischen Vorgehensweisen konzentrieren konnte und Fehler bei der Befunderfassung ausgeschlossen werden konnten.

4.3.4 Fotografische Dokumentation

Die fotografischen Aufnahmen wurden mit einer Nikon D1X-Kamera mit Nikon Nikkor-Objektiv (3,5/4,5-10,5 Millimeter) durchgeführt. Der Einsatz von Wangenhaken und erwärmten Mundspiegeln erlaubte einen optimalen Zugang zum aufzunehmenden Objekt. Aufgenommen wurden jeweils der Ausgangszustand der untersuchungsrelevanten, gereinigten Okklusalfächen, die Situation nach Anwendung von AIR-FLOW® PREP K1 MAX sowie die Fissurenversiegelung sofort nach Durchführung und nach sechs Monaten. Die fotografischen Aufnahmen dienten der Unterstützung des klinischen Befundes, zeigten die Arbeitsergebnisse mit AIR-FLOW® PREP K1 MAX und ermöglichten die vergleichende Beurteilung der Versiegelungen zwischen Ausgangs- und Endzustand.

4.4 Soziologischer Teil der Studie

Der für die Studie entwickelte standardisierte Fragebogen enthielt zehn Fragen. Neben der Probandennummer wurden die Angaben der Kinder über ihre Empfindlichkeit und Toleranz bei der Behandlung mit AIR-FLOW® PREP K1 MAX erfasst. Die Befragung wurde von der Autorin der Arbeit unmittelbar nach der Behandlung durchgeführt. Hierbei wurde durch verbindliche Vorgabe des Wortlautes und der Reihenfolge der Fragen ein standardisiertes Vorgehen angestrebt. Bei einigen Fragen waren Ja/Nein- Entscheidungen zu treffen, bei anderen Fragen gab es verschiedene Antwortmöglichkeiten, wobei immer nur eine Antwort angegeben werden durfte.

4.5 Statistische Auswertung

Nach Eingabe aller Daten aus den Untersuchungs- und Fragebögen in einen PC wurde die statistische Auswertung geschlechtsunspezifisch mit Hilfe der Computersoftware SPSS® 15 durchgeführt.

Klinischer Teil

Die Auswertung der kariesstatistischen Erhebungen erfolgte getrennt für das Milch- und permanente Gebiss, wobei die jeweiligen dmft/DMFT beziehungsweise dmfs/DMFS Indizes berechnet wurden. Alle Ergebnisse liegen jeweils als Mittelwert mit Standardabweichung und Median vor. Außerdem wurden die jeweiligen Anteile des dmft/DMFT (dt, mt, ft, DT, MT, FT) und dmfs/DMFS (ds, ms, fs, DS, MS, FS) separat betrachtet, der Sanierungsstand und der Sanierungsgrad berechnet.

Der Sanierungsstand wurde nur zahnbezogen berechnet und gibt den prozentualen Anteil der Probanden mit kariesfreien (dmft/DMFT = 0) Gebissen, kariessanierten (dmft/DMFT > 0; dt/DT = 0) Gebissen und Gebissen mit kariesbezogenem Behandlungsbedarf (dmft/DMFT > 0; dt/DT > 0) an.

$$\begin{aligned} & \text{kariesfreie Milchgebisse} = \\ & \frac{\sum \text{der Probanden mit dmft}=0}{\sum \text{aller Probanden}} \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{kariessanierte Milchgebisse} = \\ & \frac{\sum \text{der Probanden mit dmft}>0 \text{ und } dt=0}{\sum \text{aller Probanden}} \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{behandlungsbedürftige Milchgebisse} = \\ & \frac{\sum \text{der Probanden mit dmft}>0 \text{ und } dt>0}{\sum \text{aller Probanden}} \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{kariesfreie permanente Gebisse} = \\ & \frac{\sum \text{der Pr obanden mit DMFT} = 0}{\sum \text{aller Pr obanden}} \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{kariessanierte permanente Gebisse} = \\ & \frac{\sum \text{der Pr obanden mit DMFT} > 0 \text{ und DT} = 0}{\sum \text{aller Pr obanden}} \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{behandlungsbedürftige permanente Gebisse} = \\ & \frac{\sum \text{der Pr obanden mit DMFT} > 0 \text{ und DT} > 0}{\sum \text{aller Pr obanden}} \times 100 \end{aligned}$$

Der Sanierungsgrad berücksichtigte sowohl den Füllungs- als auch den Extraktionsanteil (ft/FT, mt/MT) und wurde getrennt für das Milch- und permanente Gebiss nach folgenden Formeln berechnet:

$$\text{Sanierungsgrad (Milchgebiss)} = \frac{ft + mt}{dmft} \times 100$$

$$\text{Sanierungsgrad (permanentes Gebiss)} = \frac{FT + MT}{DMFT} \times 100$$

Analog dazu erfolgte die flächenbezogene Berechnung des Sanierungsgrades.

Zur Bestimmung von Kariesrisikogruppen erfolgte die Differenzierung nach drei dmft/DMFT Untergruppen. Dabei wurden Probanden mit naturgesunden Gebissen

(dmft/DMFT = 0), mit geringem (dmft/DMFT = 1-2) sowie hohem (dmft > 2) Kariesbefall unterschieden.

Der Zielstellung der Arbeit folgend, wurde bei der Gegenüberstellung der Diagnostikmethoden die Genauigkeit auf dem Niveau der Dentinkaries („caries media“, „caries profunda“) analysiert. Damit konnten jene Molaren identifiziert werden, bei denen eine Fissurenversiegelung kontraindiziert war. Die Befunde „gesunde Fissur“/„Schmelzkaries“/„Karies in der äußeren Dentinhälfte“ („caries superficialis“) wurden zusammengefasst, da bei diesen Zähnen eine Fissurenversiegelung angezeigt ist. In der vergleichenden Bewertung gelten somit die Kriterien Fissurenversiegelung indiziert und Fissurenversiegelung kontraindiziert.

Getrennt für jede Diagnostikmethode wurde zunächst die Akkuratheit ermittelt:

Akkuratheit (AKK)

Die Akkuratheit ist der Anteil der insgesamt mit einer Diagnostikmethode richtig diagnostizierten Okklusalfächen.

$$AKK = \frac{RP + RN}{RP + FP + RN + FN}$$

Zur Bestimmung der Validität der einzelnen Diagnostikverfahren erfolgte getrennt für jede Methode die Berechnung folgender Parameter:

Spezifität (SP)

Die Spezifität gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der gesunde Okklusalfäche durch das diagnostische Verfahren auch tatsächlich als gesund erkannt wurde (tatsächlich

Gesunde). Sie ist definiert als Quotient aus richtig negativen Ergebnissen und der Summe aus falsch positiven und richtig negativen Ergebnissen.

$$SP = \frac{RN}{RN + FP}$$

Sensitivität (SE)

Die Sensitivität gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der eine Okklusalfäche durch das diagnostische Verfahren tatsächlich als kariös erkannt wurde (tatsächlich Kranke). Sie ist definiert als Quotient aus richtig positiven Ergebnissen und der Summe aus richtig positiven und falsch negativen Ergebnissen.

$$SE = \frac{RP}{RP + FN}$$

Positiver und negativer Vorhersagewert

Der positive Vorhersagewert ist das Verhältnis der richtig als kariös diagnostizierten Okklusalfächen zur Gesamtzahl der Zähne mit einem positiven diagnostischen Befund. Der negative Vorhersagewert ist das Verhältnis der korrekt als gesund erkannten Okklusalfächen zur Gesamtzahl der Zähne mit einem negativen diagnostischen Befund.

Die statistische Auswertung der Nachuntersuchungsprotokolle des klinischen Teils erfolgte nach Häufigkeiten.

Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson (Unabhängigkeitstest mit dem Signifikanzniveau 5 % und einem Freiheitsgrad) (Hartung und Elpelt 1992, Kromrey 1998) diente der Ermittlung von Signifikanzen. In einer bivariaten Auswertung wurde überprüft, ob die Retentionsraten (nach sechs Monaten) der Fissurenversiegelungen abhängig von

der Anzahl der Zähne, die in einer Sitzung versiegelt wurden, und/oder der Lokalisation des zu versiegelnden Zahnes abhängig sind. Hierfür wurden Nullhypothesen (H_0) erstellt, die entweder durch den Chi-Quadrat-Test bestätigt oder abgelehnt wurden. Bei Ablehnung der Nullhypothese bestand signifikante Abhängigkeit.

H_{0a} = Die Retentionsraten der durchgeführten Fissurenversiegelungen werden nicht von der Anzahl der Zähne, die in einer Sitzung versiegelt wurden, bestimmt.

H_{0b} = Die Retentionsraten der durchgeführten Fissurenversiegelungen werden nicht durch die Lokalisation des versiegelten Zahnes beeinflusst.

Soziologischer Teil

Die statistische Auswertung der Fragebögen erfolgte nach Häufigkeiten.

5. Ergebnisse

An der klinisch kontrollierten Studie nahmen achtzehn Probanden (männlich: $n = 11$, 61,1%; weiblich: $n = 7$, 38,9%) im Alter von sechs bis fünfzehn Jahren (Durchschnittsalter 10,6 Jahre) aus dem Patientenstamm der Poliklinik für Präventive Zahnheilkunde teil. Es handelte sich dabei um vierzehn deutsche Kinder, drei aus Litauen und eins aus Weißrussland, wobei die ausländischen Kinder erst maximal seit achtzehn Monaten in Deutschland wohnten. Insgesamt konnten nach Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien 66 zu versiegelnde Zähne ausgewählt werden, wobei es sich um 52 erste permanente Molaren (78,8%) und 14 zweite permanente Molaren (21,2%) handelte.

5.1 Ergebnisse des klinischen Teils der Studie

5.1.1 Dentitions- und Kariesstatus

Die Ergebnisse stützten sich auf die Befunde von achtzehn Probanden. Vierzehn von ihnen verfügten noch über Milchzähne, während die übrigen ein jugendlich bleibendes Gebiss hatten. Die durchschnittliche Anzahl der Milchzähne betrug 9,3 beziehungsweise 40,9 Milchzahnflächen, die der permanente Zähne 17,8 und dementsprechend 80,2 Zahnflächen.

Die Kariesverbreitung im *Milchgebiss* zeigte einen dmft-Wert von 3,0 ($dt = 1,8$; $mt = 0,3$; $ft = 0,9$). Es wurde deutlich, dass der dt-Wert die übrigen Anteile (mt , ft) des dmft überstieg und doppelt so hoch war, wie der ft-Wert (Tab. 4). Der zahnbezogene Sanierungsgrad lag bei 40 %.

Tabelle 4: Kariesverbreitung im Milchgebiss (dmft)

	Mittelwert	Standardabweichung	Median
dmft	3,0	2,6	2,0
dt	1,8	2,1	1,0
mt	0,3	0,7	0,0
ft	0,9	1,2	0,5

Flächenbezogen konnte ein dmfs-Index von 5,9 (ds = 2,6; ms = 1,7; fs = 1,6) ermittelt werden. Damit war der flächenbezogene Kariesbefall fast doppelt so hoch, wie der zahnbezogene. Daraus geht hervor, dass es sich in den meisten Fällen bereits um eine mehrflächige Kariesausbreitung im Lebenskariesbefall handelte (Tab. 5). Der flächenbezogene Sanierungsgrad betrug 55,9 %.

Tabelle 5: Kariesverbreitung im Milchgebiss (dmfs)

	Mittelwert	Standardabweichung	Median
dmfs	5,9	6,5	3,5
ds	2,6	3,1	1,0
ms	1,7	4,3	0,0
fs	1,6	1,6	1,5

Der Sanierungsstand im Milchgebiss reflektierte bei 14 % der Probanden (n = 2) eine Kariesfreiheit (dmft = 0), 7 % (n = 1) hatten ein kariessaniertes Gebiss (dmft > 0, dt = 0) und 79 % (n = 11) zeigten einen kariesbedingten Behandlungsbedarf (dmft > 0, dt > 0) (Abb. 16).

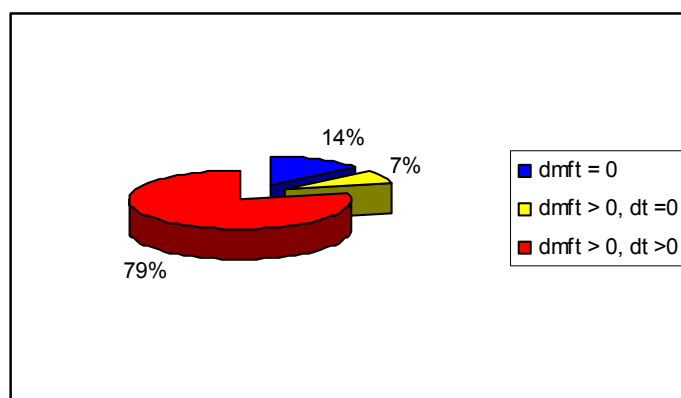


Abbildung 16: Sanierungsstand bezogen auf das Milchgebiss

Von den Kindern mit Lebenskariesbefall hatten 43 % (n = 6) einen geringen Kariesbefall mit 1-2 dmf-Zähnen und ebenfalls 43 % (n = 6) der Probanden zeigten einen hohen Kariesbefall mit mehr als 2 dmf-Zähnen (Abb. 17).

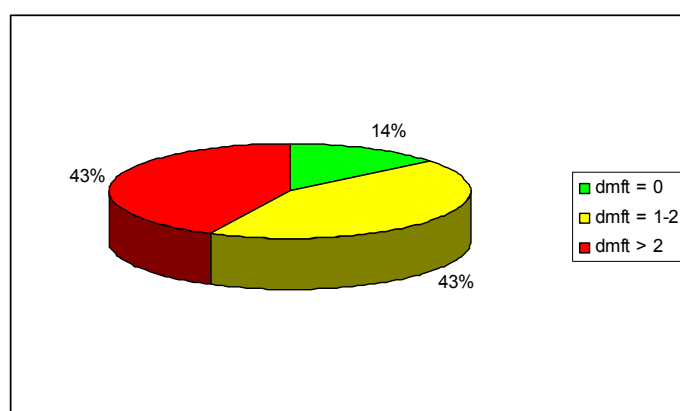


Abbildung 17: Relative Häufigkeitsverteilungen der dmft-Zähne

Für das *permanente Gebiss* konnte ein DMFT von 2,4 ermittelt werden (DT = 1,7; MT = 0; FT = 0,7) (Tab. 6). Ähnlich wie im Milchgebiss war auch im permanenten Gebiss der Anteil unversorgter Zähne mehr als doppelt so hoch, als der Anteil der gefüllten Zähne. Der zahnbezogene Sanierungsgrad lag bei 29,1 %.

Tabelle 6: Kariesverbreitung im permanenten Gebiss (DMFT)

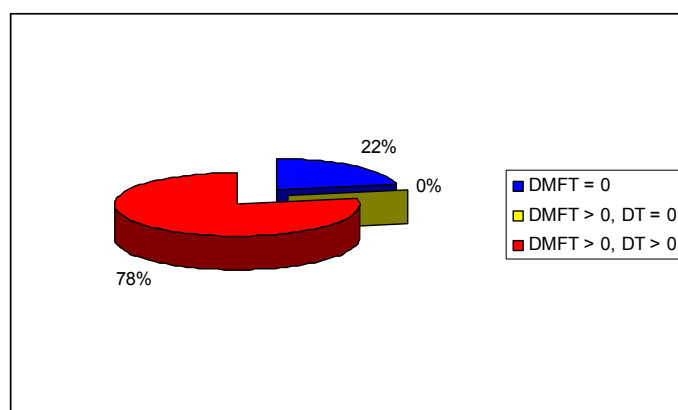
	Mittelwert	Standardabweichung	Median
DMFT	2,4	1,6	3,0
DT	1,7	1,4	1,5
MT	0,0	0,0	0,0
FT	0,7	0,7	1,0

Flächenbezogen ergab sich ein DMFS-Index von 3,8, mit einer DS-Komponente von 2,6 und einer FS-Komponente von 1,2 (Tab. 7). Der flächenbezogene Sanierungsgrad betrug 31,6 %.

Tabelle 7: Kariesverbreitung im permanenten Gebiss (DMFS)

	Mittelwert	Standardabweichung	Median
DMFS	3,8	2,7	4,0
DS	2,6	1,9	2,5
MT	0,0	0,0	0,0
FT	1,2	1,3	1,0

Der Sanierungsstand zeigte bei 22 % (n = 4) der untersuchten Probanden eine Kariesfreiheit (DMFT = 0), während die übrigen 78 % (n = 14) einen kariesbedingten Behandlungsbedarf hatten (DMFT > 0; DT > 0). Zum Zeitpunkt der Untersuchung war kein Proband vollkommen kariessaniert (Abb. 18).

**Abbildung 18:** Sanierungsstand bezogen auf das permanente Gebiss

Die Mehrheit der jugendlichen Probanden (56 %) (n = 10) hatte mit DMFT-Werten > 2 einen hohen Kariesbefall, jeweils 22 % (n = 4) wiesen einen geringen Kariesbefall (DMFT = 1-2) auf oder waren kariesfrei (DMFT = 0) (Abb. 19).

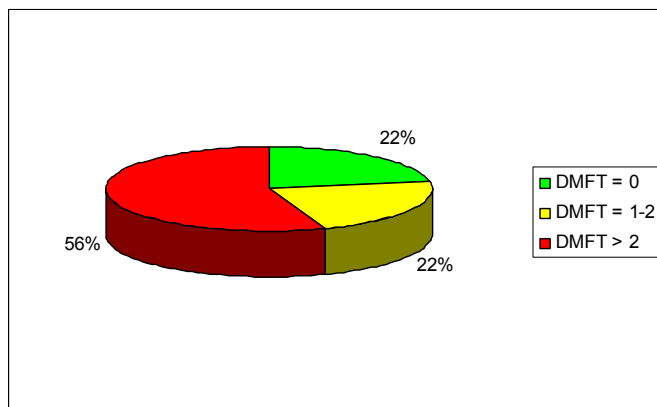


Abbildung 19: Relative Häufigkeitsverteilungen der DMF-Zähne

5.1.2 Spezielle Diagnostik der Okklusalflächen permanenter Molaren

Visuelle Kariesdiagnostik

Die visuelle Betrachtung zeigte, dass die Okklusalflächen der ersten und zweiten permanenten Molaren mit 65,1 % am häufigsten den Grad 2 kariöser Läsionen aufwiesen. Dabei handelte es sich um deutlich sichtbare Opazitäten und Braunverfärbungen, die ohne Lufttrocknung der Okklusalflächen erkennbar waren. An 22,7 % der Zähne wurde eine Opazität oder Braunverfärbung der Okklusalfläche beobachtet, die vor Lufttrocknung der Okklusalflächen kaum, jedoch nach Lufttrocknung deutlich sichtbar war (Grad 1). Bei fünf Zähnen (7,6 %) konnte Grad 3 (lokale Schmelzeinbrüche im opaken oder verfärbten Schmelz mit oder ohne Verfärbung des darunter liegenden Dentins) festgestellt werden. Eine Kavitation auf der Okklusalfläche (Grad 4) ließ sich in 3,1 % der Fälle diagnostizieren. Eine Schmelztransluzenz nach verlängerter Lufttrocknung (Grad 0) trat bei einem Molaren auf (Tab. 8).

Tabelle 8: Häufigkeitsverteilungen visueller Befunde kariöser Läsionen auf den Okklusalfächen erster und zweiter permanenter Molaren

Visuelle Diagnostik nach Ekstrand et al. (1997)	Okklusalfächen (n)	Prozent der Okklusalfächen
Grad 0	1	1,5
Grad 1	15	22,7
Grad 2	43	65,1
Grad 3	5	7,6
Grad 4	2	3,1
Gesamt	66	100,0

Kariesdiagnostik mittels Laserfluoreszenzmessung

Die Laserfluoreszenzmessung mit dem DIAGNOdent zeigte am häufigsten Laserfluoreszenzwerte von 0-13 (Tab. 9). Damit konnten 46,9 % der Okklusalfächen als kariesfrei eingestuft werden. In abnehmender Häufigkeit folgten 23 Zähne (34,9 %), an denen Laserfluoreszenzwerte über 20 festgestellt wurden, was auf eine Dentinkaries hindeutete. 18,2 % der Zähne hatten Laserfluoreszenzwerte zwischen 14 und 20, was einer Schmelzkaries entsprach.

Tabelle 9: Häufigkeitsverteilungen der Laserfluoreszenzbefunde von Okklusalfächen erster und zweiter permanenter Molaren

DIAGNOdent-Wert	Okklusalfächen (n)	Prozent der Okklusalfächen
0-13	31	46,9
14-20	12	18,2
>20	23	34,9
Gesamt	66	100,0

Kariesdiagnostik nach der Anwendung von AIR-FLOW® PREP K1 MAX

Die mit AIR-FLOW® PREP K1 MAX ermittelten Ergebnisse sind in Tabelle 10 dargestellt. Die meisten Okklusalfächen (34,8 %) konnten als kariesfrei (Grad 0) identifiziert werden. Grad 1 (Karies, die auf die äußere Schmelzhälfte begrenzt ist) war bei 25,8 % der untersuchten okklusalen Flächen feststellbar. Eine Karies, die bis zur inneren Schmelzhälfte reichte (Grad 2), hatten 19,7 % der untersuchten Okklusalfächen. Bei 15,2 % der untersuchungsrelevanten Zähne trat eine Okklusalkaries auf, die sich bereits bis in den inneren Dentinbereich ausgedehnt hatte, und 4,5 % hatten eine Karies im äußeren Bereich des Dentins.

Tabelle 10: Häufigkeitsverteilung der Okklusalfächenbefunde erster und zweiter permanenter Molaren nach Anwendung von AIR-FLOW® PREP K1 MAX

AIR-FLOW® PREP K1 MAX-Diagnose	Okklusalfächen (n)	Prozent der Okklusalfächen
Grad 0	23	34,8
Grad 1	17	25,8
Grad 2	13	19,7
Grad 3	3	4,5
Grad 4	10	15,2
Gesamt	66	100,0

5.1.3 Vergleichende Bewertung der Diagnostikmethoden

In die vergleichende Bewertung von visueller Kariesdiagnostik, Kariesdiagnostik mittels Laserfluoreszenzmessung und Kariesdiagnostik nach Anwendung von AIR-FLOW® PREP K1 MAX konnten die Befunde von 66 ersten und zweiten permanenten Molaren einbezogen werden.

Der Anteil diagnostizierter kariöser Dentinläsionen, die durch den Grad 4 oder Laserfluoreszenzwerte > 20 charakterisiert waren, schwankte je nach

Untersuchungsmethode. Bei der visuellen Kariesdiagnostik wurden insgesamt sieben permanente Molaren (10,7 %) als kariös im inneren Dentin eingestuft, hingegen war bei der Kariesdiagnostik mit dem DIAGNOdent (Fa. KaVo, Biberach) in 34,9 % der Fälle eine tiefreichende Dentinkaries ermittelt worden. Mit dem Pulverstrahlgerät, das als Referenz galt und damit zur Bestimmung der Genauigkeit der anderen beiden Diagnostikverfahren diente, konnten zehn Zähne (15,2 %) mit Grad 4 verifiziert werden (Abb. 20). An diesen Zähnen war die Fissurenversiegelung kontraindiziert.

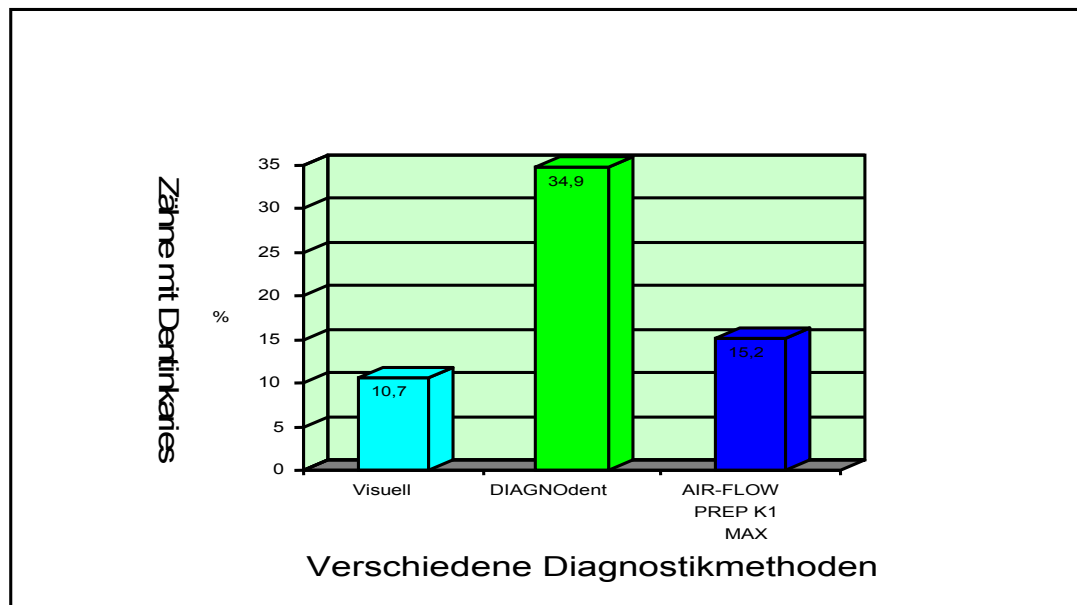


Abbildung 20: Zähne (%), die durch verschiedene Kariesdiagnostikmethoden als kariös im Dentin (Grad 4 oder Laserfluoreszenzwerte > 20) identifiziert wurden

In den Tabellen 11 und 12 sind die visuelle Kariesdiagnostik und die Kariesdiagnostik mit Hilfe der Laserfluoreszenzmessung zur Referenz kreuzklassifiziert.

Tabelle 11: Kreuzklassifikation der visuellen Befunde und der Referenz

	Referenz FV indiziert	Referenz FV kontraindiziert	Gesamt	AKK (%)
Visuell FV indiziert	55	4	59	
Visuell FV kontraindiziert	1	6	7	
Gesamt	56	10	66	92,4

Tabelle 12: Kreuzklassifikation der Befunde mittels Laserfluoreszenzmessung und der Referenz

	Referenz FV indiziert	Referenz FV kontraindiziert	Gesamt	AKK (%)
Laserfluoreszenzmessung FV indiziert	42	1	43	
Laserfluoreszenzmessung FV kontraindiziert	14	9	23	
Gesamt	56	10	66	77,3

Mit Hilfe der Tabellenwerte wurde zunächst die Akkuratheit (AKK) der einzelnen Diagnostikmethoden berechnet. Mit der visuellen Kariesdiagnostik wurden 92,4 % der Okklusalfächen richtig diagnostiziert (Tab. 11). Für die Okklusalkariesdiagnostik mit dem DIAGNOdent wurde eine Akkuratheit von 77,3 % ermittelt (Tab. 12).

Die Validität der einzelnen Diagnostikverfahren (in Bezug zur festgelegten Referenz), bestimmt anhand von Sensitivität (SE), Spezifität (SP), positivem und negativem Vorhersagewert (PVW, NVW), zeigte für die visuelle Kariesdiagnostik einen exakteren Wert für die Spezifität, während mit dem DIAGNOdent die Sensitivität höher war. Bei der Bestimmung der Vorhersagewerte schnitt die visuelle

Kariesdiagnostik mit 0,86-0,93 günstiger ab als die Laserfluoreszenzmethode (Tab. 13).

Tabelle 13: Güteparameter der unterschiedlichen Kariesdiagnostikmethoden

Kariesdiagnostikmethode	SE (%)	SP (%)	PVW	NVW
Visuell	60,0	98,2	0,86	0,93
DIAGNOdent	90,0	75,0	0,39	0,97

5.1.4 Qualitätseinschätzungen der Fissurenversiegelungen

Nach durchgeführter Diagnostik konnten die Okklusalfächen durch entsprechende zahnärztliche Interventionen versorgt werden (Tab. 14). Die 53 Zähne (80,3 %) mit gesunder Okklusalfäche beziehungsweise mit schmelzbegrenzter Okklusalläsion wurden präventiv versiegelt. Eine therapeutische Fissurenversiegelung erfolgte bei drei Zähnen (4,5 %), die eine superfizielle Dentinkläsion aufwiesen. Zehn Okklusalfächen (15,2 %) waren von einer Dentinkaries, die in die innere Hälfte des Dentins reichte, betroffen. Sie wurden deshalb mit einer Füllung versorgt und fanden im Fortgang der Untersuchungen keine Berücksichtigung mehr.

Tabelle 14: Die zahnärztliche Intervention in Abhängigkeit von der gestellten Diagnose nach AIR-FLOW® PREP K1 MAX-Anwendung

Zahnärztliche Intervention	AIR-FLOW® PREP K1 MAX-Befund	Anzahl	Prozent (%)
Präventive Fissurenversiegelung	Gesund, Schmelzkaries (Grad 0-2)	53	80,3
Therapeutische Fissurenversiegelung	Superfizielle Dentinklaries (Grad 3)	3	4,5
Füllung	Dentinklaries (Grad 4)	10	12,1
Gesamt		66	100,0

Bei der Nachuntersuchung, die sechs Monate nach Fissurenversiegelung stattfand, konnten 53 der ursprünglich 56 versiegelten Zähne mit Hilfe der modifizierten USPHS-Kriterien (Ryge 1980) qualitätsbezogen eingeschätzt werden. Zwei Patienten mit insgesamt drei versiegelten Zähnen konnten umzugsbedingt zum Nachuntersuchungstermin nicht erscheinen. Dies entspricht einer Nachuntersuchungsquote von 94,6 %.

Auswertung der Nachuntersuchungsprotokolle

Im Hinblick auf die Retention (Abb. 21) war das Fissurensystem der versiegelten permanenten Molaren am häufigsten vollständig mit Versiegelermaterial bedeckt (44 Zähne) (Alpha), was einer Retentionsrate von 83 % entspricht. In 11 % der Fälle war der Versiegeler geringfügig verloren gegangen (Bravo). Bei drei Zähnen (6 %) waren große Teile des Fissurensystems wieder exponiert (Charlie). Ein vollständiger Versiegelerverlust wurde nicht beobachtet (Delta).

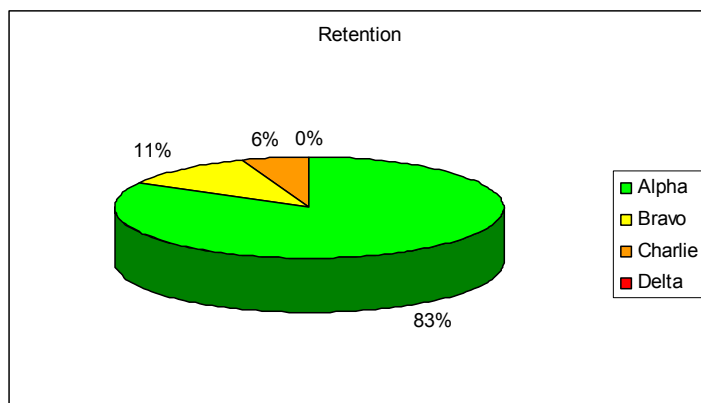


Abbildung 21: Beurteilung der Fissurenversiegelungen im Hinblick auf die Retention dargestellt als Häufigkeitsverteilungen

73 % aller nach untersuchten Versiegelungen wiesen keine Lufteinschlüsse auf (Alpha). Kleine sondierbare Luftblasen konnten in 23 % der Fälle festgestellt werden

(Bravo). Jeweils eine Fissurenversiegelung hatte eine große beziehungsweise mehrere große Luftblase(n) (Charlie und Delta) (Abb. 22).

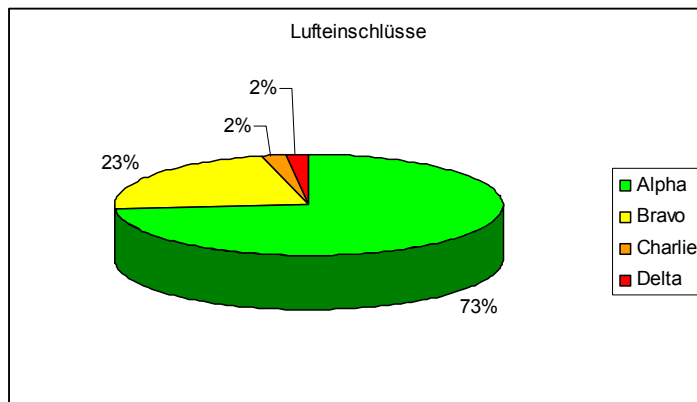


Abbildung 22: Beurteilung der Versiegeleroberfläche (Luft einschlüsse) als Häufigkeitsverteilungen

Die Oberfläche des Versiegelermaterials war in der Mehrzahl der Fälle (88 %) glatt (Alpha). Jedoch waren auch wenige raue (8 %) (Bravo) oder sehr raue Versiegelungen mit kleinen Furchen (4 %) (Charlie) zu verzeichnen. Frakturierte Versiegeler (Delta) konnten nicht festgestellt werden (Abb. 23).

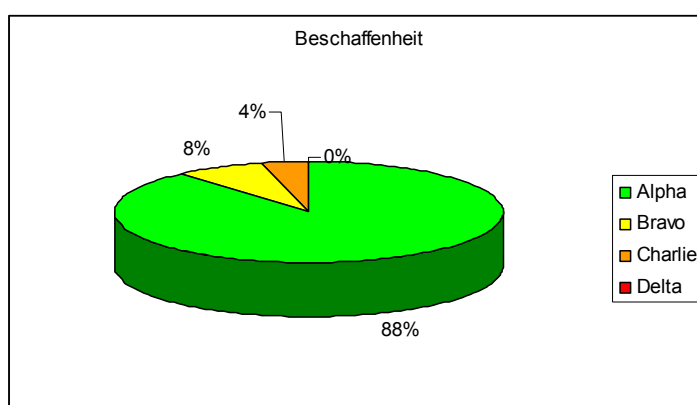


Abbildung 23: Beurteilung der Versiegeleroberfläche (Beschaffenheit) als Häufigkeitsverteilungen

Ein Randspalt zwischen Versiegeler und Zahn war zu 91 % nicht tastbar (Abb. 24), beim Abfahren der Versiegelung mit der Sonde glitt diese somit übergangslos über den Randbereich (Alpha). Beim Gleiten über den Randbereich der Versiegelung trat selten (9 %) ein leichtes Haken auf (Bravo). Charlie (der Randspalt ist tastbar, verbunden mit einem deutlichen Haken oder Eindringen der Sonde in den Spalt) und Delta (der Randspalt ist sichtbar und kann als deutliche Stufe wahrgenommen werden) kamen in der Bewertung nicht vor.

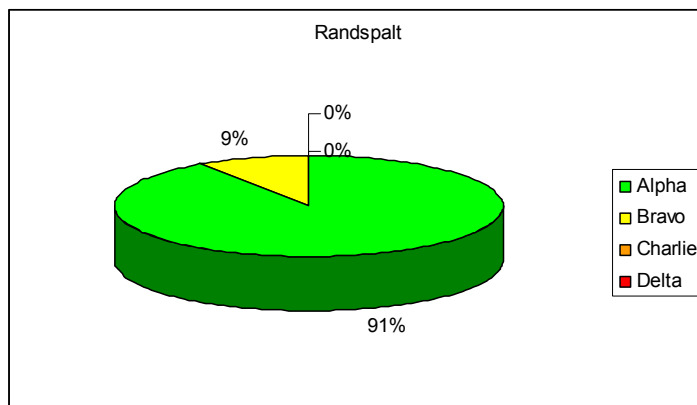


Abbildung 24: Überprüfung des Randbereiches zwischen Versiegeler und Zahn (Häufigkeitsverteilung)

Aus Abbildung 25 ist ersichtlich, dass 96 % der Fissurenversiegelungen keinerlei Randverfärbungen hatten (Alpha). Die übrigen versiegelten Zähne (4 %) wiesen höchstens oberflächliche Verfärbungen (Bravo) auf. Tiefreichende Verfärbungen (Charlie) oder eine Karies (Delta) konnten nicht diagnostiziert werden.

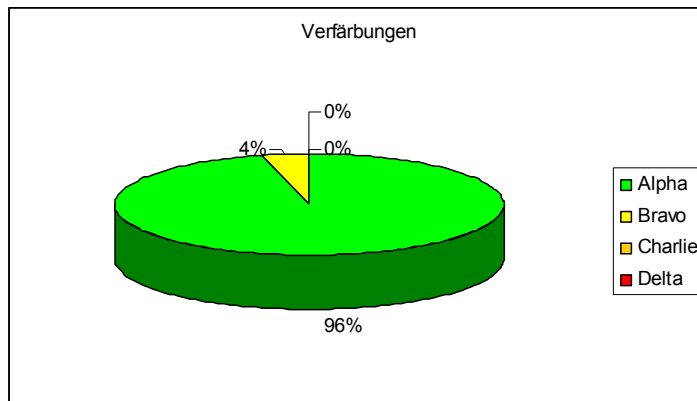


Abbildung 25: Verfärbungsintensität der Fissurenversiegelungen dargestellt als Häufigkeitsverteilung

Da fünf Fissurenversiegelungen entweder mit dem Kriterium Charlie (4x) oder Delta (1x) bewertet wurden, waren demzufolge Nachversiegelungen an fünf Molaren erforderlich. Die anderen Fissurenversiegelungen galten als intakt.

5.1.5 Bivariate Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Abhängigkeit der Versiegelerretention von der Anzahl in einer Sitzung versiegelten Zähne

Aus den Ergebnissen der univariaten Auswertung der Nachuntersuchungsprotokolle im Hinblick auf die Versiegelerretention und der Anzahl der versiegelten Zähne pro Sitzung lässt sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang ableiten. Aus Tabelle 15 und Abbildung 26 ist ersichtlich, dass die Versiegelung immer vollständig erhalten ist (Alpha), wenn in einer Behandlungssitzung nur ein Zahn mit AIR-FLOW® PREP K1 MAX für die Versiegelung vorbereitet und anschließend versiegelt wurde. Bei gleichzeitiger Vorbereitung mehrerer Zähne mit dem Pulverstrahlgerät für die Fissurenversiegelung traten auch geringfügige und größere Versiegelerverluste (Bravo beziehungsweise Charlie) auf. Die schlechtesten

Ergebnisse waren zu verzeichnen, wenn vier Zähne in einer Sitzung eine Fissurenversiegelung bekamen. Je mehr Zähne also in einer Sitzung nach Anwendung von AIR-FLOW® PREP K1 MAX versiegelt wurden, umso geringer waren die Retentionsraten. Daraus folgt die Ablehnung der Nullhypothese H0a aufgrund der signifikanten Abhängigkeit ($p < 0,05$).

Tabelle 15: Bewertung der Versiegelerretention in Beziehung zur Anzahl der versiegelten Zähne pro Sitzung

	Alpha	Bravo	Charlie	Delta	Gesamt
1 versiegelter Zahn pro Sitzung	5	0	0	0	5
2 versiegelte Zähne pro Sitzung	22	1	0	0	23
3 versiegelte Zähne pro Sitzung	10	2	0	0	12
4 versiegelte Zähne pro Sitzung	7	3	3	0	13
Gesamt	44	6	3	0	53

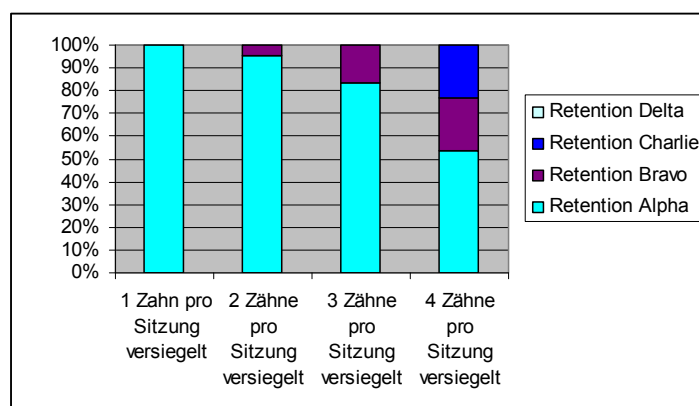


Abbildung 26: Versiegelerretention dargestellt in Abhängigkeit von der Anzahl der versiegelten Zähne in einer Sitzung

Abhängigkeit der Versiegelerretention von der Lokalisation des zu versiegelnden Zahnes (Oberkiefer/Unterkiefer)

Zwischen der Lokalisation des zu versiegelnden Zahnes und der Retentionsrate der Fissurenversiegelung bestand kein direkter Zusammenhang. Jeweils die Mehrzahl der versiegelten Zähne im Oberkiefer und Unterkiefer hatte ein vollständig von Versiegeler bedecktes Fissurensystem (Alpha). Geringfügige und größere Versiegelerverluste (Bravo beziehungsweise Charlie) traten sowohl bei den versiegelten Zähnen im Oberkiefer als auch bei denen im Unterkiefer auf (Tab. 16, Abb. 27). Demzufolge fand die Nullhypothese H_0b Bestätigung ($p > 0,05$).

Tabelle 16: Bewertung der Versiegelerretention in Abhängigkeit von der Lokalisation des zu versiegelnden Zahnes

	Alpha	Bravo	Charlie	Delta	Gesamt
Zahnlokalisierung im Oberkiefer	18	3	2	0	23
Zahnlokalisierung im Unterkiefer	26	3	1	0	30
Gesamt	44	6	3	0	53

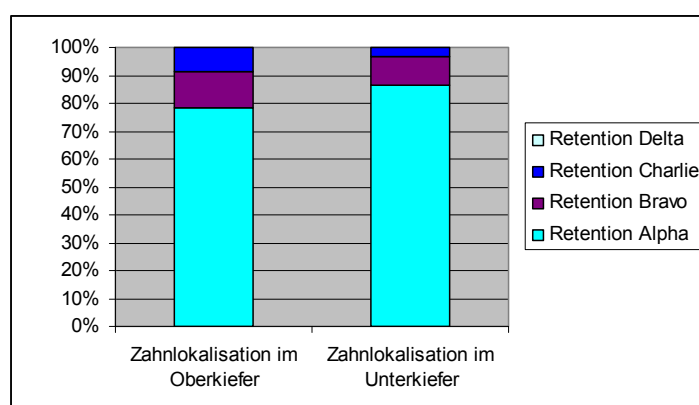


Abbildung 27: Versiegelerretention dargestellt in Abhängigkeit von der Zahnlokalisierung (Oberkiefer/Unterkiefer)

5.2 Ergebnisse des Soziologischen Teils der Studie

Die individuelle Einschätzung über das Empfinden der Probanden während der Anwendung mit dem AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX war überaus positiv.

Die Frage „Gehst du gerne zum Zahnarzt?“ beantworteten 66 % der Probanden mit ja und 29 % mit nein. 5 % der Kinder konnten sich nicht zwischen ja und nein entscheiden und antworteten mit weiß ich nicht (Abb. 28).

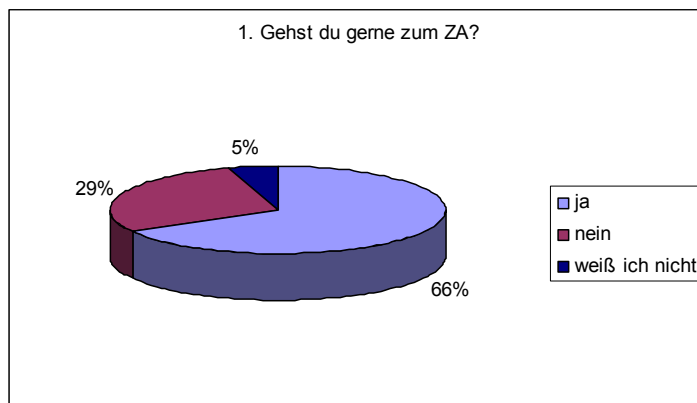


Abbildung 28: Häufigkeitsverteilungen der Antworten zu Frage 1

Bei 29 % aller Probanden wurde noch nie bei einem Zahnarztbesuch „gebohrt“, deswegen konnte dieser Anteil der Befragten die Frage „Hast du Angst vor dem Bohren?“ nicht beantworten. Von den Übrigen gaben 38 % an, Angst vor dem Bohren zu haben, und 33 % waren nicht ängstlich (Abb. 29).

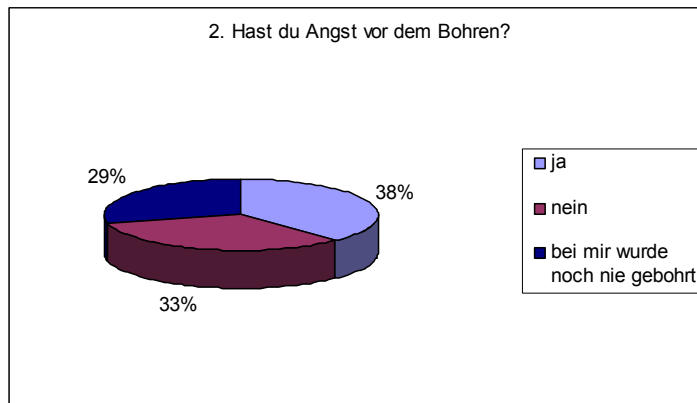


Abbildung 29: Häufigkeitsverteilungen der Antworten zu Frage 2

57 % der Probanden gaben nach der Behandlung mit AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX an, keine Angstgefühle erlebt zu haben. 43 % hingegen hatten etwas Angst. Kein Proband hatte sehr viel Angst und in keinen Fall musste die Behandlung abgebrochen werden (Abb. 30).

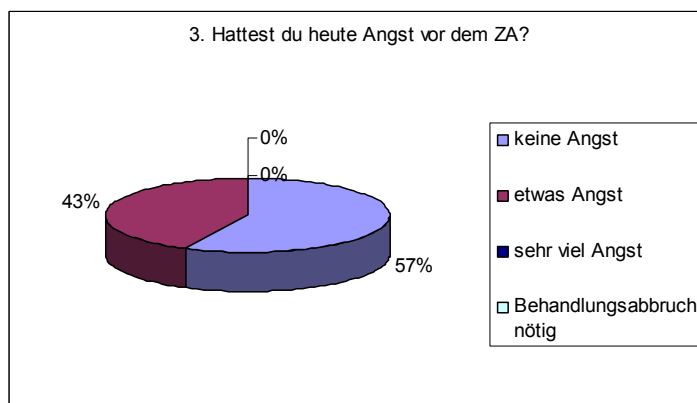


Abbildung 30: Häufigkeitsverteilungen der Antworten zu Frage 3

Befragte man die Probanden nach dem Schmerzempfinden während der Behandlung (Abb. 31), so gaben 57 % an, dass die Behandlung schmerzfrei war. 43 % der Befragten hatten höchstens leichte Schmerzen.

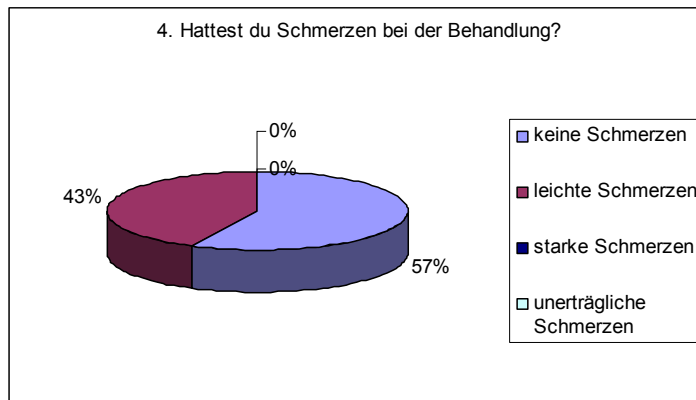


Abbildung 31: Häufigkeitsverteilungen der Antworten zu Frage 4

62 % der Studienteilnehmer empfanden die Geräusche des eingesetzten Pulverstrahlgerätes als nicht störend. Für 33 % waren sie etwas störend und für 5 % sehr störend (Abb. 32).

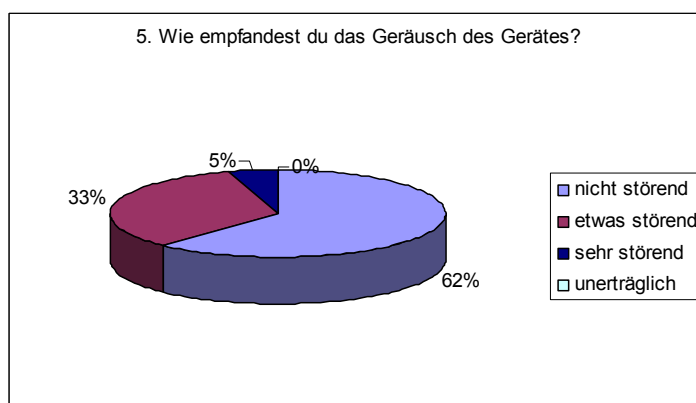


Abbildung 32: Häufigkeitsverteilungen der Antworten zu Frage 5

Den Zitronengeschmack des verwendeten Pulvers beurteilten 24 % als sehr angenehm und 56 % als angenehm. Jeweils 10 % hatten ein unangenehmes oder unerträgliches gustatorisches Empfinden während der Anwendung von AIR-FLOW® PREP K1 MAX (Abb. 33).

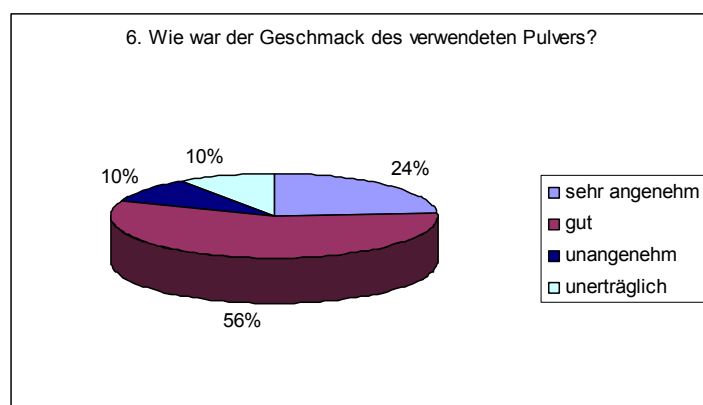


Abbildung 33: Häufigkeitsverteilungen der Antworten zu Frage 6

Als geruchlos charakterisierten 5 % der Probanden das verwendete Pulver. Von den anderen 95 % empfanden die meisten Befragten den Geruch als gut (51 %), 29 % beurteilten den Pulvergeruch als sehr gut, 10 % beschrieben ein olfaktorisch unangenehmes Gefühl und 5 % meinten der Geruch sei unerträglich (Abb. 34).

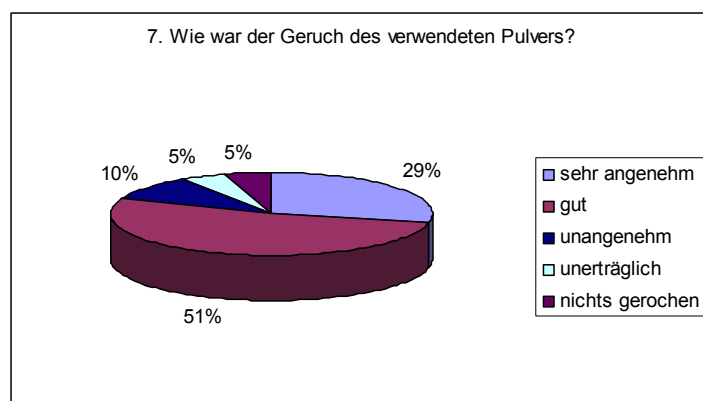


Abbildung 34: Häufigkeitsverteilungen der Antworten zu Frage 7

95 % der Probanden meinten, dass das Wasser des Pulverstrahls aus der Mundhöhle gut abgesaugt wurde, während 5 % dies nicht bestätigen konnten (Abb. 35).

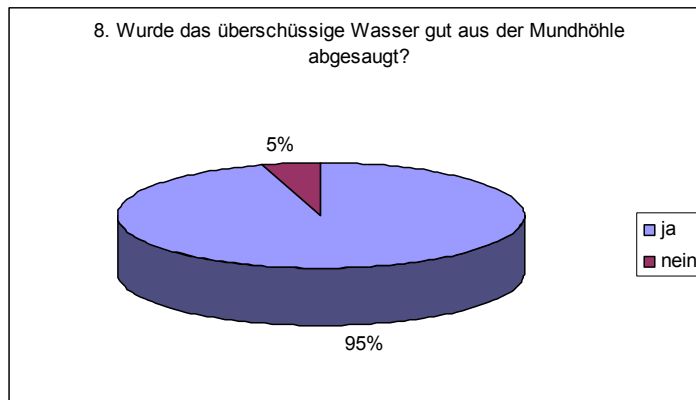


Abbildung 35: Häufigkeitsverteilungen der Antworten zu Frage 8

Die gesamte Behandlung wurde wie folgt beurteilt: sehr gut (38 %), gut (57 %) und schlecht (5 %) (Abb. 36).

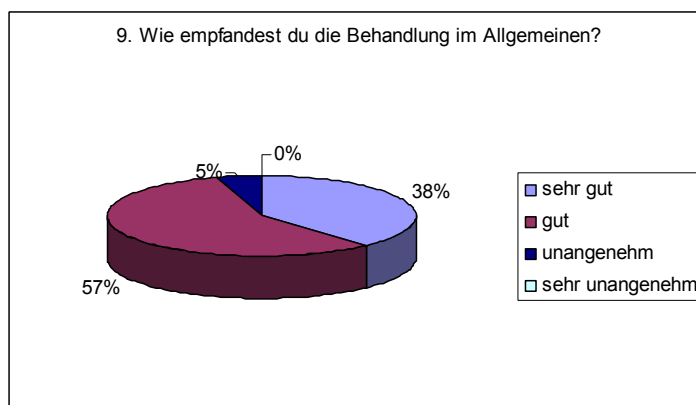


Abbildung 36: Häufigkeitsverteilungen der Antworten zu Frage 9

Von den 71 % der Probanden, die schon „Bohr-Erfahrung“ hatten (Abb. 37), empfanden 67 % die Behandlung mit AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX angenehmer und 33 % gleich gut im Verhältnis zum Bohrer. Als unangenehmer wurde die Behandlung von keinem Studienteilnehmer beurteilt.

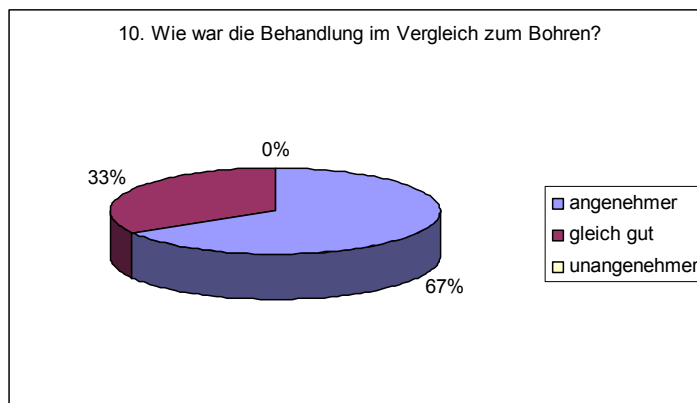


Abbildung 37: Häufigkeitsverteilungen der Antworten zu Frage 10

6. Diskussion

Die vorgelegte Arbeit leistete einen Beitrag zum Paradigmenwechsel in der Zahnheilkunde, der den Übergang von der Therapie und Rehabilitation zur Prävention beschreibt. Die bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickelte Pulverstrahltechnik konnte in dieser klinischen Studie für einen neuen präventiv orientierten Einsatz Verwendung finden. Dabei galt das prioritäre Ziel der vorgelegten Arbeit der Beurteilung über die Eignung von AIR-FLOW® PREP K1 MAX in der Kinderzahnheilkunde zur Verifizierung der okklusalen Kariesdiagnostik und zur Vorbereitung der Fissurenversiegelung. Sowohl die Früherkennung initialer Kariesläsionen als auch die Fissurenversiegelung sind zu wesentlichen Bestandteilen der modernen Zahnheilkunde geworden mit bevorzugter Orientierung auf präventive und minimal invasive Betreuungskonzepte. Die Arbeit wurde am WHOCC „Prävention oraler Erkrankungen“ geschrieben, was gleichzeitig die Aufgaben für Gesundheitsförderung im Sinne der WHO-Strategie unterstreicht (Petersen 2004).

Zahnärztliche Präventionsmaßnahmen einschließlich der Fissurenversiegelung entsprechen dem Anliegen nach Gesundheitsförderung und sind in Deutschland gesetzlich geregelt (SGB V, § 21 und § 22). Sie führten zu einem allgemeinen Kariesrückgang, der in der Fachliteratur als „caries decline“ bezeichnet (Glass 1982) wird. Diese Entwicklung ist im permanenten Gebiss stärker nachweisbar als im Milchgebiss. Weltweit betrachtet ist die Karies nach wie vor die häufigste chronische Erkrankung im Kindesalter (Kwan et al. 2005).

In Deutschland bestätigen repräsentative kariesstatistische Ergebnisse aus der DAJ-Studie 2004 (Pieper 2005) im Milchgebiss bei Sechs- bis Siebenjährigen eine immer noch verhältnismäßig hohe Kariesverbreitung von 2,4 dmft, während die Mundgesundheit, bezogen auf die permanenten Zähne, mit 0,98 DMFT bei Zwölfjährigen deutlich besser ist. Dieser Wert konnte nach den Ergebnissen der DMS IV aus dem Jahre 2005 (Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung und Bundeszahnärztekammer 2006) mit 0,7 sogar noch unterschritten werden. Dennoch wird auf eine Polarisierung beziehungsweise Schieflage der Karies verwiesen, der

zur Folge circa 10 % der untersuchten Zwölfjährigen bis zu 62 % des Kariesaufkommens auf sich vereinen und circa 27 % der Fünfzehnjährigen fast 80 % der Karieserfahrung haben (Pieper 2005). Ein Immigrantenhintergrund und ein niedriger Sozialstatus werden in der neueren Literatur immer wieder als Ursache für diese Polarisierung angegeben (Van Steenkiste et al. 2004, Splieth et al. 2009).

Innerhalb der eigenen Probanden waren drei aus Litauen und einer aus Weißrussland, die erst wenige Jahre in Deutschland lebten. Die Anderen entstammten überwiegend niedrigen Sozialschichten. Die in der vorliegenden Arbeit ermittelten Werte für dmft = 3,0 und DMFT = 2,4 reflektieren vermutlich deshalb eine hohe Kariesverbreitung und unterstreichen die Notwendigkeit der primären und sekundären Prävention. Insofern ist die Auswahl der Probanden für diese Studie gerechtfertigt, damit diese so genannten „Kariesrisikokinder“ vermehrt von den Betreuungsangeboten der präventiven Zahnheilkunde profitieren können.

Dies erfordert eine präzise Kariesdiagnostik mit dem Primat der Erkennung von Initialläsionen. Die im einleitenden Teil beschriebenen Schwierigkeiten bei der Detektion initialkariöser Läsionen begünstigten die Entwicklung ergänzender Diagnostikverfahren und Instrumente zur Optimierung der Kariesdiagnose auf der Okklusalfäche permanenter Molaren. Das AIR-FLOW® PREP K1 MAX wird vom Hersteller zur Kariesdiagnostik empfohlen, allerdings existieren im Schrifttum keinerlei Hinweise darauf, dass eine Validierung des Pulverstrahlgerätes für die Kariesdiagnostik erfolgte. Dennoch wurde mehrfach beschrieben, dass die Diagnostik der Fissurenkaries allein schon durch die Entfernung organischer Beläge und Zahnstein verbessert werden kann (Christensen 2000, Kanellis et al. 2000, White und Eakle 2000). Daher empfahlen Goldstein und Parkins (1995) die abrasive Pulverstrahltechnik als Hilfsmittel zur Diagnose der Grübchen- und Fissurenkaries. Die Studie von Qual (2002) belegte, dass es bereits mit dem Vorgängergerät AIR-FLOW® PREP K1 möglich war, die Kariesdiagnostik zu verbessern. Der Autor beschrieb die mögliche Freilegung einer versteckten Karies in der Tiefe beim Reinigen und Erweitern der Fissur mit dem Pulverstrahl. Insofern wurde in der

vorgelegten Arbeit die Pulverstrahlmethode als Referenz festgelegt und im Vergleich mit ihr die Güteparameter der visuellen Kariesdiagnostik und der Laserfluoreszenzmessung erstmalig berechnet. Als Goldstandard für die Bestimmung von Spezifität und Sensitivität visueller und laseroptischer Kariesdiagnostikmethoden dienten in vorangegangenen Studien am häufigsten der histologische Zahnschliff (u.a. Lussi 1993, Angnes V. et al. 2005), die Mikroradiografie (u.a. Shi et al. 2000) oder der klinische Befund nach Eröffnung der Kavität (u.a. Heinrich-Weltzin et al. 2002). Der Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen aus der Literatur im Hinblick auf die Güteparameter Sensitivität und Spezifität kann deshalb nur relativ sein, da in der vorliegenden Arbeit eine andere Referenzmethode (AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX) angenommen wurde. Dennoch zeigt eine Gegenüberstellung unterschiedlicher Ergebnisse aus der Literatur mit den eigenen eine gute Übereinstimmung hinsichtlich der Validität von visueller Kariesdiagnostik und Laserfluoreszenzmessung und rechtfertigt damit die Eignung der gewählten Referenzmethode (Tab. 17-20).

Dabei zeigten die eigenen Ergebnisse hinsichtlich der Spezifität für die **visuelle Kariesdiagnostik** mit 98 % eine hohe Übereinstimmung mit nationalen und internationalen Literaturangaben (Ketley und Holt 1993, Huysmans et al. 1998, Cortes et al. 2000, Ashley 2000, Heinrich-Weltzien et al. 2002) (Tab. 17, Tab. 18). Dagegen betrug die Sensitivität nur 60 %. Eine im Vergleich zur Spezifität geringere Sensitivität wurde auch durch Daten aus anderen In-vitro- und In-vivo-Studien (Lussi 1996, Klinker et al. 2001, Angnes G. et al. 2005) bestätigt. Möglicherweise konnte eine hohe Sensitivität, wie von Ekstrand et al. (1997) (Tab. 17) oder Rocha et al. (2003) (Tab. 18) angegeben, nicht erreicht werden, da in der eigenen Studie im Gegensatz zu den beiden aufgeführten Studien nur Zähne ohne Kavitation Berücksichtigung fanden. Der geforderte Schwellenwert einer summarischen Sensitivität und Spezifität von 160 % (Hausen 1997) für eine akzeptable Validität wurde sehr knapp unterschritten, dennoch bleibt die Methode der visuellen Kariesdiagnostik eine Empfehlung für den klinischen Einsatz.

Tabelle 17: In-vitro-Studien zur Validität der visuellen Okklusalkariesdetektion

Autor(en) (Jahr)	Untersuchungsmaterial	Sensitivität	Spezifität
Lussi 1993	63 Zähne ohne Kavitation	0,12	0,93
Deery et al. 1995	111 Zähne mit und ohne Kavitation	0,12	0,97
Pereira et al. 2001	101 Zähne (230 Zahnflächen) mit und ohne Kavitation	0,17	0,97
Wenzel et al. 1991a	81 Zähne ohne Kavitation	0,20	0,97
Ashley et al. 1998	103 Zähne ohne Kavitation	0,24	0,97
Huysmans et al. 1998	112 Zähne mit und ohne Kavitation	0,27	1,00
Ketley und Holt 1993	200 Zähne ohne Kavitation	0,31	0,98
Wenzel et al. 1992	81 Zähne ohne Kavitation	0,34	0,97
Haak 2003	72 Zähne ohne Kavitation	0,34	0,77
Attrill und Ashley 2001	58 Zähne ohne Kavitation	0,39	0,96
Cortes et al. 2000	59 Zähne mit und ohne Kavitation	0,42	0,98
Alwas-Danowska et al. 2002	49 Zähne ohne Kavitation	0,50	0,92
Verdonschot et al. 1993	81 Zähne ohne Kavitation	0,53	0,89
Wenzel und Fejerskov 1992	78 Zähne ohne Kavitation	0,54	0,81
Cortes et al. 2003	111 Zähne (152 Zahnflächen) mit und ohne Kavitation	0,55	0,90
Lussi 1996	37 Zähne mit Kavitation	0,62	0,93
Angnes, G. et al. 2005	57 Zähne (110 Zahnflächen) ohne Kavitation	0,69	0,88
Nytun et al. 1992	30 Zähne mit und ohne Kavitation	0,72	0,41
Ashley 2000	58 Zähne ohne Kavitation	0,73	1,0
Wenzel et al. 1990	47 Zähne mit und ohne Kavitation	0,80	0,87
Kordic et al. 2003	61 Zähne ohne Kavitation	0,82	0,68
Tveit et al. 1994	131 Zähne mit und ohne Kavitation	0,92	0,69
Ekstrand et al. 1997	100 Zahnflächen mit Kavitation	0,95	0,90

Tabelle 18: In-vivo-Studien zur Validität der visuellen Okklusalkariesdetektion

Autor(en) (Jahr)	Untersuchungsmaterial	Sensitivität	Spezifität
Verdonschot et al. 1992	23 Zähne ohne Kavitation	0,13	0,94
Heinrich-Weltzien et al. 2002	248 Zähne (281 Zahnflächen) mit und ohne Kavitation	0,25	1,00
Klinke et al. 2001	34 Zähne (47 Zahnflächen) ohne Kavitation	0,69	0,62
Angnes V. et al. 2005	57 Zähne (110 Zahnflächen) ohne Kavitation	0,72	0,82
Rocha et al. 2003	30 Zähne (50 Zahnflächen) mit und ohne Kavitation	0,82	0,85
Fritz 2009	66 Okklusalfächen ohne Kavitation	0,60	0,98

Der für diese Studie bei der **Laserfluoreszenzmessung** mit dem DIAGNOdent festgelegte Schwellenwert von > 20 für das Vorliegen einer Dentinkaries wurde durch die hohe Sensitivität (90 %) gerechtfertigt und bestätigt die Empfehlung anderer Autoren (Klinke et al. 2001, Lussi et al. 2001, Alwas-Danowska et al. 2002, Heinrich-Weltzien et al. 2002, Rocha et al. 2003, Angnes G. et al. 2005). Die von Haak (2003) empfohlene Grenzwertanhebung auf > 30 für Probanden mit geringem Kariesrisiko erschien für die vorliegende Studie nicht sinnvoll, da es sich um Kinder und Jugendliche mit erhöhtem Grundrisiko handelte.

Betrachtet man die nachfolgenden Tabellen, so lässt sich der berechnete Wert für die Sensitivität gut zwischen die Laborergebnisse (Tab. 19) von Lussi et al. (1999) und Cortes et al. (2003) sowie Kordic et al. (2003) einordnen. Lussi et al. (2001), Anttonen et al. (2003) und Heinrich-Weltzien et al. (2003) wiesen in ihren klinischen Studien ähnliche Sensitivitätswerte nach (Tab. 20). Die geringere Spezifität von 75 %, wie zum Beispiel auch von Lussi et al. (1999) oder Kordic et al. (2003) ermittelt, könnte darin begründet sein, dass auch Plaque, Zahnstein, Kompositfüllungsmaterialien oder Reste von Polierpaste fluoreszieren (Lussi et al. 1999, Shi et al. 2000, Lussi et al. 2001, Sheehy et al. 2001, Lussi et al. 2005) und somit falsch positive Ergebnisse vortäuschen können (Lussi et al. 2004). Die Methode der Laserfluoreszenzmethode ist nach Hausen (1997) dennoch für den

klinischen Gebrauch zu empfehlen, da die ermittelten Werte für Sensitivität und Spezifität summarisch 160 % übersteigen.

Tabelle 19: In-vitro-Studien zur Validität der Laserfluoreszenzmessung bei der Okklusalkariesdiagnostik

Autor(en) (Jahr)	Untersuchungsmaterial	Sensitivität	Spezifität
Haak 2003	72 Zähne ohne Kavitation	0,12	0,91
Pereira et al. 2001	101 Zähne (230 Zahnflächen) mit und ohne Kavitation	0,19	0,98
Angnes, G. et al. 2005	57 Zähne (110 Zahnflächen) ohne Kavitation	0,78	0,63
Attrill und Ashley 2001	58 Zähne mit und ohne Kavitation	0,79	0,84
Bamzahim et al. 2002	87 Zähne ohne Kavitation	0,80	1,00
Shi et al. 2000	76 Zähne ohne Kavitation	0,82	1,00
Lussi und Francescut 2003	95 Zähne ohne Kavitation	0,82	0,85
Lussi et al. 1999	105 Zähne ohne Kavitation	0,84	0,79
Cortes et al. 2003	111 Zähne (152 Zahnflächen) mit und ohne Kavitation	0,84	0,67
Kordic et al. 2003	61 Zähne ohne Kavitation	0,91	0,76
Alwas-Danowska et al. 2001	49 Zähne ohne Kavitation	0,95	0,52

Tabelle 20: In-vivo-Studien zur Validität der Laserfluoreszenzmessung bei der Okklusalkariesdiagnostik

Autor(en) (Jahr)	Untersuchungsmaterial	Sensitivität	Spezifität
Rocha et al. 2003	30 Zähne (50 Zahnflächen) mit und ohne Kavitation	0,60	0,90
Bamzahim et al. 2005	51 Zähne mit und ohne Kavitation	0,60	0,81
Klinke et al. 2001	34 Zähne (47 Zahnflächen) ohne Kavitation	0,69	0,62
Angnes, V et al. 2005	57 Zähne (110 Zahnflächen) ohne Kavitation	0,75	0,55
Olmez et al. 2006	92 Zähne ohne Kavitation	0,86	0,80
Lussi et al. 2001	332 Zähne mit und ohne Kavitation	0,92	0,86
Anttonen et al. 2003	613 Zahnflächen mit und ohne Kavitation	0,92	0,82
Heinrich-Weltzien et al. 2003	248 Zähne (281 Zahnflächen) mit und ohne Kavitation	0,93	0,63
Fritz 2009	66 Zahnflächen ohne Kavitation	0,90	0,75

Nach erfolgter Kariesdiagnostik konnten 53 der untersuchungsrelevanten Zähne präventiv versiegelt werden, drei Zähne erhielten eine therapeutische Fissurenversiegelung. Die nach Anrauhung mit dem Pulverstrahlgerät sowie Ätzung durchgeführten Fissurenversiegelungen zeigten nach einer halbjährlichen Kontrollzeit eine Retentionsrate von 83 %. Ähnliche Resultate erreichte Riethe (1988) in seiner Studie, in der nach einem Jahr noch mehr als 85 % der Fissurenversiegelungen intakt waren, nach fünf Jahren aber nur noch etwa 50 %. Trummler und Trummler (1990) wiesen eine wesentlich höhere Retentionsrate nach. Von 429 nach untersuchten Fissurenversiegelungen im Seitenzahnbereich waren 412 klinisch intakt, die Retentionsquote lag somit bei 96 %. Ursachen für die verschiedenen Ergebnisse bezüglich der Versiegelerretention können einerseits in der unterschiedlichen Auslegung von Teil- oder Vollverlust der Fissurenversiegelungen beziehungsweise der Strenge der Beurteilungskriterien gesucht werden, natürlich scheinen auch die Art des verwendeten Versiegelermaterials und dessen Applikationstechnik eine Rolle zu spielen. In der vorliegenden klinischen Studie wurden Versiegelungen dann als vollständig erhalten beurteilt, wenn das Fissurensystem genau wie nach Applikation vollständig mit Versiegeler bedeckt war. Geringfügige und größere Verluste charakterisierten den Teilverlust, bei vollständigem Verlust war das Fissurensystem völlig frei von Versiegelermaterial. Dagegen bewertete Simonsen (1987) eine Versiegelung selbst dann noch als intakt, wenn geringfügige Materialverluste im Randbereich vorlagen. Trummler und Trummler (1990) definierten den allgemeinen Substanzverlust als klinisch irrelevant, solange die retentiven Fissuren und Grübchen bedeckt blieben. Heinrich-Weltzien et al. (1998) bewerteten Fissurenversiegelungen dann als intakt, wenn keine peripheren und zentralen Anteile des Versiegeler verloren gingen. Andere Studien erwähnten überhaupt keine Bewertungskriterien (Hickel und Voß 1989, Wagner et al. 1994). Vergleichbar strenge Beurteilungskriterien wie in der eigenen Studie wurden auch von Irmisch (1992) und Feigal et al. (1993) gewählt. Es ist anzunehmen, dass die eigenen Resultate im Vergleich zu den Untersuchungen von Irmisch (1992) und

Feigal et al. (1993) durch die aufrauende Wirkung der Okklusalfäche mit dem AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX und nachfolgender Säurekonditionierung begünstigt wurden. Zu dieser Annahme gelangten bereits Roeder et al. 1995, Hatibovic-Kofman et al. 2001 sowie Qual 2002. Dies belegte auch die Studie von Yazici et al. (2006), in der Fissurenversiegelungen nach Säure-Ätz-Technik (Gruppe 1) und Fissurenversiegelung nach abrasiver Pulverstrahltechnik mit anschließender Säurekonditionierung (Gruppe 2) verglichen wurden: Nach sechs Monaten wiesen Versiegelungen beider Gruppen gleiche Retentionsraten auf, nach zwölf beziehungsweise 24 Monaten ist die Retention in der zweiten Gruppe signifikant höher gewesen. Bevilacqua et al. (2007) beschrieben als erfolgreichste Methode ebenfalls die Anwendung des abrasiven Pulverstrahls in Kombination mit dem chemischen Ätzen. Im Gegensatz dazu wurde auch diskutiert, ob die alleinige Aufrauung des Schmelzes mit dem Pulverstrahlgerät als vorbereitende Maßnahme für eine akzeptable Retention des Fissurenversiegelerers ausreichen würde und damit die Säureätztechnik überflüssig machen könnte (Katora et al. 1981, Keen et al. 1994, Goldstein und Parkins 1995, Hanning und Femerling 1998). Nach Hanning et al. (2002) sollen bei Anwendung eines Pulverstrahlgerätes angeraute Schmelzränder entstehen, die dem Ätzmuster nach Säurekonditionierung ähnlich sind. Die Mehrheit der Autoren wies jedoch nach, dass die Anwendung eines abrasiven Pulverstrahls nicht allein zur Vorbehandlung des Schmelzes für den Verbund zum Komposit ausreicht (Nikaido et al. 1996, Olsen et al. 1997, Rinaudo et al. 1997, Beetke et al. 1998, Ellis et al. 1999, Geitel 1999, Canay et al. 2000, Fraunhofer et al. 2000, Jahn et al. 2002, Jahn et al. 2002a, Lupi-Pégurier et al. 2004) und empfahlen nach wie vor zusätzlich die Säureätztechnik.

Nach Eakle et al. (1994) hat auch die Teilchengröße des verwendeten Abrasivpulvers einen Einfluss auf den Verbund zwischen Zahn und Fissurenversiegeler haben. Sie beschrieben, dass Teilchen im Durchmesser von 50 Mikrometer zu einem festeren Verbund führen als kleinere Partikel (27 Mikrometer). Hingegen belegten Roeder et al. (1995), dass die Haftung des Versiegelerers an der Zahnhartsubstanz von der

Teilchengröße unbeeinflusst ist. In der vorliegenden Studie wurde ein Pulverstrahlgerät verwendet, das mit Aluminiumoxidpulver der Größe 27 Mikrometer arbeitet. Dies erwies sich als vorteilhaft, da kleinere Teilchen nachweislich weniger Hartsubstanz entfernen als Partikel der Korngrößen 50 oder 125 Mikrometer (Motisuki et al. 2006).

Trotz hoher Retentionsrate, muss die Ursache für die in 17 % der Fälle auftretenden geringfügigen oder größeren Versiegelerverluste gesucht werden. Oft verringerte sich die Retention des Versiegeler, wenn die Anzahl der zu versiegelnden Zähne pro Sitzung stieg. Zu berücksichtigen ist, dass der Pulverstrahl Geschmackskorrigentien (Zitrus) enthielt und dass bei seiner Anwendung ein verstärkter Speichelfluss ausgelöst werden kann. Die Steigerung der Speichelproduktion kann eine perfekte Durchführung mehrerer Fissurenversiegelungen in derselben Sitzung gefährden (Müller 2002). Es ist aber auch möglich, dass die abnehmende Kooperation und Behandlungsbereitschaft der Kinder und Jugendlichen bei zunehmender Behandlungsdauer beeinflussend wirkte.

In einigen Studien waren Molaren des Oberkiefers häufiger als die des Unterkiefers von einem partiellen Verlust des Versiegelungsmaterials betroffen (Horowitz et al. 1977, Rock und Evans 1983, Whyte et al. 1987, Riehte 1988, Rock et al. 1996, Irmisch et al. 1997, Kühnisch und Heinrich-Weltzien 1999). Als Ursachen des höheren Versiegelungsverlustes an Oberkieferzähnen wurden neben Fehlern, wie Überschussbildung, Speichelkontamination geätzter Schmelzareale, Blasenbildung oder unzureichend polymerisierte Versiegeleranteile, die grundsätzlich schwierigere Applikation diskutiert. Im Gegensatz zur vorliegenden Literatur, konnte in der eigenen Studie nicht bestätigt werden, dass die Retentionsraten von Fissurenversiegelungen im Oberkiefer wesentlich geringer waren. Wenn Versiegelerverluste auftraten, waren diese sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer zu verzeichnen.

Da raue Oberflächen und stufige Ränder die Plaqueakkumulation begünstigen, erschien es neben der Überprüfung der Retention ebenfalls wichtig im

Nachuntersuchungsprotokoll Kriterien zur Oberflächenbeschaffenheit und zur Randqualität zu erfassen. Hinsichtlich dieser Kriterien lagen überwiegend gute bis sehr gute Resultate vor. Besonders hervorzuheben ist, dass in über 90 % der Fälle kein Randspalt zwischen Versiegelermaterial und Zahn sondierbar war. Die vorgelegten Ergebnisse korrelierten übereinstimmend mit den Ergebnissen von Qual (2002). Er stellte ebenfalls fest, dass bei der kombinierten Anwendung von Säureätztechnik und Partikelstrahlgerät nahezu keine Randspalten auftraten. Dass durch die minimale Erweiterung der Fissuren mit dem Pulverstrahl Lufteinschlüsse im Versiegeler vermieden werden können, da sowohl das Säureätzgel als auch das Versiegelermaterial den Fissurenboden besser erreichen können, wurde ebenfalls durch die Arbeit von Qual (2002) belegt. In der eigenen Studie waren nur bei zwei Zähnen größere Luftblasen feststellbar, die die Qualität der Fissurenversiegelungen beeinträchtigten. Insgesamt waren bei fünf Zähnen Nachversiegelungen nötig, wobei es sich um ein vertretbares Maß handelte.

Dennoch bleibt festzuhalten, dass das Zielkriterium für den Erfolg einer Fissurenversiegelung in erster Linie immer noch die Vermeidung von Karies ist, und nicht etwa die Retention oder Qualität. Die Studienergebnisse von Merte et al. (1995) und Splieth et al. (1998) belegen eine deutliche Kariesreduktion durch Fissurenversiegelungen. Riehte (1988), Irmisch (1992) und Heinrich-Weltzien et al. (1998) wiesen in ihren Untersuchungen ebenfalls nach, dass Fissurenversiegelungen einen kariesprophylaktischen Effekt haben. In der vorliegenden Studie konnten nach sechs Monaten weder Neukaries noch Sekundärkaries auf der Okklusalfäche festgestellt werden, was den kariespräventiven Effekt der Fissurenversiegelung bestätigt.

Im Gegensatz zum konventionellen rotierenden Instrument ist der abrasive Pulverstrahl ein „vornschneidendes Instrument“ (Engelberg 2005), das auf der Okklusalfäche nur einen schmalen Zugang zur Fissur produziert. Bei großkörnigen Partikeln im Pulverstrahl und hohem Ausgangsdruck besteht die Gefahr, dass zwar schmale Eingänge aber tief reichende Zahnhartsubstanzabtragungen entstehen

können (Banerjee und Watson 2002). Durch kleine Partikel (27 Mikrometer) und eine verminderte Partikelgeschwindigkeit, hervorgerufen durch einen reduzierten Ausgangsdruck (5,0 bar), wird diese Gefahr ausgeschlossen (Black 1950, Myers 1954). Der Arbeitsansatz, aus dem das Pulver-Wasser-Druckluft-Gemisch kommt, musste zudem im Abstand von einem Millimeter und im 45 Grad Winkel zur Zahnoberfläche gehalten werden, damit die Fissur nicht unnötig breit und tief eröffnet wird. Die Notwendigkeit dieser Arbeitsrichtlinien begründeten verschiedene Autoren (Laurell und Hess 1995, Bosten et al. 1995, Santos-Pinto et al. 2001, Santos-Pinto et al. 2001a): Je weiter die Düsenspitze von der Zahnoberfläche entfernt ist, umso breiter wird die Fissur eröffnet. Die Eröffnungstiefe hängt außerdem vom Winkel zwischen der Arbeitsdüse und der Zahnoberfläche ab. Bei korrekter Einhaltung der zitierten Methoden ist der Abtrag „suspekten“ Schmelzes geringer als bei der Anwendung von konventionellen rotierenden Instrumenten, die zur Fissurotomie empfohlen werden (Rainey 2002). Insofern kann das Pulverstrahlgerät AIR-FLOW® PREP K1 MAX zur Fissurenreinigung und bei vorhandener Schmelzkaries beziehungsweise oberflächlicher Dentinläsionen zum dezenten Fissurenöffnen vor der Fissurenversiegelung eingesetzt werden. Jedoch sollte die Methode der Pulverstrahltechnik immer vorsichtig angewendet werden, da bei unsachgemäßer Handhabung das Risiko der Überentfernung von gesunder Zahnhartsubstanz besteht (Paolinelis et al. 2006).

Die eigene Untersuchung bestätigte, dass sich das Gerät zur Diagnostik und Vorbereitung der Fissurenversiegelung eignet, nicht jedoch zur Entfernung kariösen Dentins bei einer „caries media“ oder einer „caries profunda“. In diesen Fällen ist eine Kavitätenpräparation mit rotierenden Instrumenten nötig (Abb. 38a, 38b, 38c). Zu dieser Aussage gelangte auch Qual (2002), der mit AIR-FLOW® PREP K1, einem Vorgänger des AIR-FLOW® PREP K1 MAX, arbeitete.



Abbildung 38a: Zahn 46 vor der Anwendung von AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX



Abbildung 38b: Zahn 46 nach Anwendung von AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX: die entdeckte profunde Karies ließ sich nicht mit dem Pulverstrahlgerät entfernen



Abbildung 38c: Zahn 46: Zustand nach Kariesexkavation mit dem rotierenden Instrument

Dies steht im teilweisen Widerspruch zu den Herstellerangaben, nach denen das Pulverstrahlgerät auch zur Kariesexkavation verwendet werden kann. Ursächlich könnte dafür die verminderte Druckluftversorgung (5,0 bar) durch das zentrale Versorgungssystem des ZZMK sein, da das Gerät normalerweise bei Drücken bis zu 7,0 bar arbeiten kann. Da der Fokus der vorgelegten Arbeit auf der Diagnostik von okklusalen Läsionen lag, galt der Druck von 5,0 bar aber als ausreichend für den geplanten Einsatz des Pulverstrahlgerätes zur Kariesdiagnostik. Wie Goldstein und Parkins (1995) berichteten, können mit einem abrasiven Pulverstrahl kleine kariöse Defekte, etwa auf den Schmelz begrenzt, entfernt werden. Dies konnte auch in der vorliegenden Studie bestätigt werden.

Dass 95 % der Studienteilnehmer die Behandlung mit dem Pulverstrahlgerät AIR-FLOW® PREP K1 MAX entweder mit gut (57 %) oder sehr gut (38 %) beurteilten, spricht für eine hohe Akzeptanz nahezu aller Probanden bei und nach Anwendung der Pulverstrahltechnik. Die Ergebnisse spiegeln in etwa wider, was Burrow et al. (2001) in ihrer Untersuchung zeigten: Kinder und Jugendliche akzeptierten die Behandlung der Pulverstrahltechnik zu 98 %. Schon vorangegangene Befragungen

belegten ebenfalls, dass Pulverstrahlgeräte sowohl vom Patienten als auch vom Zahnarzt bevorzugt wurden (Epstein 1951, Gabel 1953, Black 1955).

Trotzdem hatten 43 % der Studienteilnehmer etwas Angst während der Anwendung des Pulverstrahls, was zum Beispiel durch den Geräuschpegel des eingesetzten Gerätes oder durch die Ansammlung von Staubpartikeln im Mund begründet sein könnte. Rafique et al. (2003) beschrieben ebenfalls die Entstehung von Angstgefühlen bei Vorliegen genannter Ursachen.

In der eigenen Studie wurde ermittelt, dass fast 70 % der befragten Patienten die Behandlung mit dem Pulverstrahl im Vergleich zur Anwendung von rotierenden Instrumenten als angenehmer beurteilten. Diese Feststellung korreliert gut mit den Ergebnissen aus einer Studie von Malmström et al. (2003), bei der die Probanden ihre Präferenz hinsichtlich der Pulverstrahltechnik und des Einsatzes von rotierenden Instrumenten angeben sollten. Hierbei wurde deutlich, dass alle Patienten die Pulverstrahltechnik gegenüber dem herkömmlichen Einsatz von rotierenden Instrumenten bevorzugten.

Schmerzen, bedingt durch die herkömmliche Zahnbehandlung mit rotierenden Instrumenten, können durch die Anwendung eines Pulverstrahlgerätes reduziert werden oder treten gar nicht erst auf (Rainey 2001). Dies bestätigten auch die Probanden der vorgelegten Studie. Probanden, die bereits gefüllte Zähne hatten, beurteilten das Gesamtempfinden bei Anwendung des Pulverstrahls als wesentlich besser.

Überwiegend wurde die durchgeführte Behandlung mit dem Pulverstrahl als positiv angesehen. Lediglich ein bis zwei Probanden gaben bei einigen Fragen negative Antworten. Insofern kann aus der Gesamtanalyse der Ergebnisse abgeleitet werden, dass das zum Einsatz gekommene Pulverstrahlgerät zur erweiterten Kariesdiagnostik und zur Vorbereitung der Okklusalfäche für die Fissurenversiegelung in der kinderzahnärztlichen Praxis geeignet ist.

7. Schlussfolgerungen

Die vorliegende In-vivo-Studie zur Beurteilung über die Eignung von AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX in der Kinderzahnheilkunde lässt die Schlussfolgerung zu, dass dieses Pulverstrahlgerät zur Verifizierung der okklusalen, nicht kavitierten Karies geeignet ist. Gegenüber der konventionellen, visuellen Kariesdiagnostik und der Laserfluoreszenzmessung zeigte die Pulverstrahltechnik als eine sensitive und spezifische Methode ihre Überlegenheit, wobei dieser diagnostische Zugewinn die korrekte Einhaltung der aufwendigen Arbeitsrichtlinien erfordert. Die visuelle Kariesdiagnostik stellt allerdings wegen ihrer einfacheren Durchführbarkeit sowie des geringen Zeit- und Kostenaufwandes immer noch die Erstuntersuchung in der zahnärztlichen Praxis dar. Zur Sicherung der Diagnose sind jedoch bei klinisch suspekten Fissuren ergänzende Methoden zur Kariesdiagnostik erforderlich. AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX kann aufgrund seiner erfolgreichen klinischen Anwendung dieser Forderung gerecht werden und rückt die Laserfluoreszenzmessung mit dem DIAGNOdent wegen ihrer niedrigeren Akkuratheit in den Hintergrund. Der Einsatz von AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX dient darüber hinaus nicht nur der Kariesdiagnostik. Gleichzeitig kann die Okklusalfäche für die Aufnahme von präventiven und therapeutischen Fissurenversiegelungen vorbereitet werden, was durch gute Retentionsraten nach sechs Monaten bestätigt werden konnte. Nicht zuletzt beeinflusst die Anwendung des Pulverstrahlgerätes das Verhältnis zwischen Kind und Zahnarzt sowie die Beziehung Kind zur zahnärztlichen Behandlung überaus positiv, was sich aus der Befragung der Studienteilnehmer ergab.

Dennoch bleibt festzuhalten, dass das AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX-Gerät nicht ohne ein ausreichendes Training eingesetzt werden sollte (vorherige In-vitro-Anwendung empfehlenswert). Der behandelnde Zahnarzt muss mit allen Vorgehensweisen in Bezug auf das Pulverstrahlgerät vertraut sein, damit dieses Verfahren in der zahnärztlichen Praxis eine ausreichende Praktikabilität erreichen kann.

Dass sich das untersuchte Gerät zur Kariesdiagnostik und Vorbereitung der Fissurenversiegelung eignet, wurde durch die vorliegende Studie bewiesen. Inwieweit kariöses Dentin aus tieferen Läsionen durch veränderte physikalische Parameter am Pulverstrahlgerät entfernt werden kann, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. Darüber hinaus sollte das in der Diskussion erwähnte Risiko bezüglich einer Überentfernung von gesunder Zahnhartsubstanz kritisch beurteilt werden und gibt Anlass für weitere klinische und experimentelle Untersuchungen.

8. Literatur- und Quellenverzeichnis

1. AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX, Operating instructions, Electro Medical Systems, FB-135/E_ed_03-05, S.3.
2. Alwas-Danowska HM, Plasschart AJ, Suliborski S, Verdonshot EH. 2002. Reliability and validity issues of laser fluorescence measurements in occlusal caries diagnosis. *J Dent Res*, 30: 129-134.
3. Anderson MH, Bales DJ, Omnell KA. 1993. Modern management of dental caries: The cutting edge is not the dental bur. *J Am Dent Assoc*, 124: 37-44.
4. Angnes G, Angnes V, Grande RH, Battistella M, Loguercio AD, Reis A. 2005. Occlusal caries diagnosis in permanent teeth: An in vitro study. *Pesqui Odontol Bras*, 19: 243-248.
5. Angnes V, Angnes G, Battistella M, Grande RH, Loguercio AD, Reis A. 2005. Clinical effectiveness of laser fluorescence, visual inspection and radiography in the detection of occlusal caries. *Caries Res*, 39: 490-495.
6. Anttonen V, Seppa L, Hausen H. 2003. Clinical study of the use of the laser fluorescence device DIAGNOdent for detection of occlusal caries in children. *Caries Res*, 37: 17-23.
7. Ashley PF. 2000. Diagnosis of occlusal caries in primary teeth. *Int J Paediatr Dent*, 10: 166-171.
8. Ashley PF, Blinkhorn AS, Davies RM. 1998. Occlusal caries diagnosis: an in vitro histological validation of the Electronic Caries Monitor (ECM) and other methods. *J Dent*, 26: 83-88.

9. Attrill DC, Ashley PF. 2001. Occlusal caries detection in primary teeth: a comparison of DIAGNOdent with conventional methods. *Br Dent J*, 190: 440-443.
10. Axelsson P, Lindhe J. 1981. Effect of controlled hygiene procedures on caries and periodontal disease in adults. Results after 6 years. *J Clin Periodont*, 8: 239-248.
11. Bader JD, Shugars DA. 2004. A systematic review of the performance of a laser fluorescence device for detecting caries. *J Am Dent Assoc*, 135: 1413-1426.
12. Bamzahir M, Shi XQ, Angmar-Mansson B. 2002. Occlusal caries detection and quantification by DIAGNOdent and Electronic Caries Monitor: in vitro comparison. *Acta Odontol Scand*, 60: 360-364.
13. Bamzahir M, Aljehani A, Shi XQ. 2005. Clinical performance of DIAGNOdent in the detection of secondary carious lesions. *Acta Odontol Scand*, 63: 26-30.
14. Banerjee A, Watson TF. 2002. Air abrasion: its uses and abuses. *Dent Update*, 29(7): 340-346.
15. Bär A. 1995. Kinetische Abtragungstechnik mit dem KCP 2000 Plus und dem KCP 2000 Whisperjet. *ZWR*, 104: 298-301.
16. Beetke E, Slowikowski S, Meißner M. 1998. Partikelstrahlgeräte-Möglichkeiten und Grenzen. *Laser-Journal*, 4: 17-22.
17. Bevilacqua L, Cadenaro M, Sossi A, Biasotto M, Di Lenarda R. 2007. Influence of air abrasion and etching enamel and adaption of a dental sealant. *Int J Paediatr Dent*, Mar, 8(1): 25-30.

18. Black GV. 1924. Konservierende Zahnheilkunde. Bd. 1 und 2, Meusser, Berlin.
19. Black RB. 1945. Technique for non-mechanical preparation of cavities and prophylaxis. J Am Dent Assoc, 32: 955-965.
20. Black RB. 1950. Airabrasive: some fundamentals. J Am Dent Assoc, 41: 701-710.
21. Black RB. 1955. Application and revaluation of the air abrasion technique. J Am Dent Assoc, 50: 408-413.
22. Blackwood JA, Dilley DC, Roberts MW, Swift EJ Jr. 2002. Evaluation of pumice, fissure enameloplasty and air abrasion on sealant microleakage. Int J Paediatr Dent, 24(3): 199-203.
23. Bleicher P. 1981. Bohren und Schleifen. Quintessenz, 32: 1033-1044.
24. Boer WM. 2006. Kinetische Kavitätenpräparation: Ein synergistischer Ansatz. Ästhet Zahnmed, 1: 16-23.
25. Borutta A, Kneist S, Kischka P, Eherler D, Chemnitius P, Stösser L. 2002. Die Mundgesundheit von Kleinkindern in Beziehung zu relevanten Einflussfaktoren. Dtsch Zahnärztl Z, 57: 682-687.
26. Boston DW, Alperstein KS, Boberick K. 1995. Cavosurface margin geometry in conventional air abrasion class V cavity preparations. J Am Dent Assoc, 10: 97-101.

27. Brooks JD, Pruhs RJ, Azhdari S, Ashrafi MH. 1988. A pilot study of three tinted unfilled pit and fissure sealants: 23-months results in Milwaukee, Wisconsin. *Clin Prev Dent*, 10: 18-22.
28. Brunnert R. 1993. Kinetische Kavitätenpräparation mit dem KCP 2000. *ZWR*, 102: 568-572.
29. Burrow MF, Burrow JF, Makinson OF. 2001. Pits and fissure resistance in prismless enamel walls. *Aust Dent J*, Dec, 46: 258-262.
30. Canay S, Kocadereli I, Akca E. 2000. The effect of enamel air abrasion on the retention of bonded metallic orthodontic brackets. *J Am Orthod Dentof Orthop*, 117: 15-19.
31. Carvalho JC, Ekstrand KR, Thylstrup A. 1989. Dental plaque and caries on occlusal surfaces of first permanent molars in relation to stage of eruption. *J Dent Res*, 68: 773.
32. Carvalho JC, Thylstrup A, Ekstrand KR. 1992. Results after 3 years of non-operative occlusal caries treatment of erupting permanent first molars. *Comm Dent Oral Epidemiol*, 20: 187-192.
33. Christensen GJ. 1998. Air abrasions tooth cuttings: state of the art 1998. *J Am Dent Assoc*, 129: 484-485.
34. Christensen GJ. 2000. Initial caries lesions: when should they be restored? *J Am Dent Assoc*, 131: 1760-1762.
35. Cohen J. 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas*, 20: 37-46.

36. Cortes DF, Ekstrand KR, Elias-Boneta AR, Ellwood RP. 2000. An in vitro comparison of the ability of fibre-optic transillumination, visual inspection and radiographs to detect occlusal caries and evaluate lesions depth. *Caries Res*, 34: 443-447.
37. Cortes DF, Ellwood RP, Ekstrand KR. 2003. An in vitro comparison of a combined FOTI/visual examination of occlusal caries with other caries diagnostic methods and the effect of stain on their performance. *Caries Res*, 37: 8-16.
38. Creanor SL, Russell JL, Strang DM, Stephen KW, Burchell CK. 1990. The prevalence of clinically undetected dentine caries in Scottish adolescents. *Br Dent J*, 169: 126-129.
39. Cunea E, Axelsson P, Kuroczik J, Matthies K, Splieth C. 2000. Glas-Ionomer-Versiegelung in der Eruptionsphase. *Philip J*, 17: 101-107.
40. Deery C, Fyffe HE, Nugent Z, Nuttall NM, Pitts NB. 1995. The effect of placing a pit and fissure sealant on the validity and reproducibility of occlusal caries diagnosis. *Caries Res*, 29:377-381.
41. Dooland M, Smales R. 1982. The diagnosis of fissure caries in permanent molar teeth. *J Dent Child*, 49: 181-185.
42. Eakle WS, Wong J, Huang H. 1994. Microleakage with microabrasion versus acid-etched enamel and dentine (Abstract 160). *J Dent Res*, 74: 31.
43. Ekstrand KR, Quist V, Thylstrup A. 1987. Light microscope study of the effect of probing in occlusal surfaces. *Caries Res*, 21: 368-374.

44. Ekstrand KR, Kuzmina I, Björndal L, Thylstrup A. 1995. Relationship between external and histological features of progressive stage of caries in the occlusal fossa. *Caries Res*, 29: 243-250.
45. Ekstrand KR, Ricketts DNJ, Kidd EAM. 1997. Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralization depth of the occlusal surface: an in vitro examination. *Caries Res*, 31: 224-231.
46. Ekstrand KR, Ricketts DNJ, Kidd EAM, Quist V, Schou S. 1998. Detection, diagnosis, monitoring and logical treatment of occlusal caries in relation to lesion activity and severity: an in vivo examination with histological validation. *Caries Res*, 32: 247-258.
47. Ekstrand KR, Ricketts DNJ, Kidd EAM. 2001. Occlusal caries: pathology, diagnosis and logical management. *Dent update*, 28: 380-387.
48. Ellis RW, Latta MA, Westermann GH. 1999. Effect of air abrasion and acid etching on sealant retention: an in vitro study. *Int J Paediatr Dent*, 21: 316-319.
49. Engelberg D, MD, DMD. 2005. Das Hydro-Air-Abrasionsverfahren (Teil 1). *Zahnmedizin Praxis, ZWP*, 10: 90.
50. Epstein S. 1951. Analysis of airabrasive procedures in dental practice. *J Am Dent Assoc*, 43: 426-435.
51. Featherstone JD. 2000. Caries detection and prevention with laser energy. *Dent Clin North Am*, 44: 955-969.
52. Feigal RJ, Hitt J, Splieth C. 1993. Retaining sealant on salivary contaminated enamel. *J Am Dent Assoc*, 124: 88-97.

53. Fennis-le YL, Verdonchot EH, Burgersdijk RC, König KG, van't Hof MA. 1998. Effect of 6-monthly applications of chlorhexidine varnish on incidence of occlusal caries in permanent molars: a 3-year study. *J Dent Res*, 26: 233-238.
54. Fleiss I. 1981. Statistical methods for rates and proportions. New York: Wiley.
55. Francescut P, Lussi A. 2003. Correlation between fissure discoloration, DIAGNOdent measurements and caries depth: an in vitro study. *Int J Paediatr Dent*, 25(6): 559-564.
56. Fraunhofer JA von, Adachi EI, Barnes DM, Romberg E. 2000. The effect of tooth preparation on microleakage behaviour. *Oper Dent*, 25: 526-533.
57. Gabel AB. 1953. Critical review of cutting instruments in cavity preparation. 3 Air-abrasive technique. *Int Dent J*, 4: 53-63.
58. Geitel B. 1999. Verbundfestigkeit von Komposit und Zahnschmelz nach Konditionierung mittels air-abrasive-technology. *Zahnmed Diss*, HU Berlin.
59. Glass RL. 1982. The first international conference on the declining prevalence of dental caries. *Int Dent Res*, 61: 1301-1383.
60. Goldberg MA. 1952. Airabrasive: Patients reactions. *J Dent Res*, 31: 504-505.
61. Goldstein RE, Parkins FM. 1994. Air-abrasive technology: its new role in restorative dentistry. *J Am Dent Assoc*, 125: 551-557.
62. Goldstein RE, Parkins FM. 1995. Using air-abrasive technology to diagnose and restore pit and fissure caries. *J Am Dent Assoc*, 126: 761-765.

63. Greve W, Wentura D. 1997. Wissenschaftliche Beobachtungen: Eine Einführung. Weinheim: PVU/Beltz.
64. Haak R. 2003. Validität der Detektion okklusaler und approximaler Kariesläsionen. Habilitationsschrift.
65. Hanning M, Femerling T. 1998. Influence of air abrasion treatment on the interfacial bond between composite and dentine. *Oper Dent*, 23: 258-265.
66. Hanning M, Bock H, Bott B, Hoth-Hanning W. 2002. Inter-crystallite nanoretention of self-etching adhaesives at enamel imaged by transmission electron microscopy. *Eur J Oral Sci*, 110: 464-470.
67. Hartung J, Elpelt B. 1992. Multivariate Statistik. Wien, R. Oldenbourg Verlag München.
68. Hatibovic-Kofman S, Butler S, Sadek H. 2001. Microleakage of three sealants following conventional, bur and air-abrasion preparation of pits and fissures. *Int J Paediatr Dent*, 11(6): 409-416.
69. Hausen H. 1997. Caries Prediction-state of art. *Comm Dent Oral Epidemiol*, 25: 87-96.
70. Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J. 2007. Stellenwert der Bissflügel-Röntgenaufnahme zur Kariesdiagnostik bei Kindern und Jugendlichen. *ZWR*, 116: 157-164.
71. Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Senkel H, Stösser L. 1998. Welchen Beitrag leistet die Fissurenversiegelung zur Zahngesundheit? *Oralprophylaxe*, 20: 146-154.

72. Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Senkel H. 1999. Kann die Kariesrisiko-Einschätzung die Indikation zur Fissurenversiegelung beeinflussen? Quintessenz, 50: 245-251.
73. Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Weerheijm K, Stöber L. 2001. Diagnostik der versteckten Okklusalkaries mit Bissflügel-Aufnahmen. Dtsch Zahnärztl Z, 56: 476-480.
74. Heinrich-Weltzien R, Weerheijm K, Kühnisch J, Oehme T, Stöber L. 2002. Clinical evaluation of visual, radiographic and laser fluorescence methods for detection of occlusal caries. ASDC J Dent Child, 69: 127-132.
75. Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Oehme T, Weerheijm K, Stöber L. 2003. Okklusalkaries-Diagnostik – Ein Vergleich von DIAGNOdent mit konventionellen Methoden. Oralprophylaxe, 25: 77-80.
76. Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Goddon I, Senkel H. 2007. Zahngesundheit von deutschen und türkischen Schülern - ein 10-Jahresvergleich. Gesundheitswesen, 69.
77. Hellwig E, Klimek J, Attin T. 2003. Einführung in die Zahnerhaltung. Urban & Fischer-Verlag, 3: 77-78; 115.
78. Hickel R. 1996. Stellungnahme der DGZMK: Fissurenversiegelung. Dtsch Zahnärztl Z, 51: 724-725.
79. Hickel R. 1997. Moderne Füllungswerkstoffe. Dtsch Zahnärztl Z, 52: 572.
80. Hickel R, Voß A. 1989. Vergleichende Untersuchung über Fissurenversiegelung: Komposit versus Cermetzement. Dtsch Zahnärztl Z, 44: 472-474.

81. Hickel R, Stöber L, Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Bürkle V, Reich E. 2005. Leitlinie Fissurenversiegelung, Langfassung für Zahnärzte. www.Leitlinie-Fissurenversiegelung.de.
82. Horowitz HS, Heifetz SB, Poulson S. 1977. Retention and effectiveness of a single application of an adhaesive sealant in preventing occlusal caries: Final report after five years of a study in Kalispell, Montana. *J Am Dent Assoc*, 95: 1133-1139.
83. Hunter JA. 1778. A practical treatise on the diseases of the teeth. J Johnson, London.
84. Hyatt TP. 1923. Prophylactic odontotomy: the cutting into tooth for prevention of disease. *Dent Cosmos*, 65: 234-241.
85. Huysmans MC, Longbottom C, Pitts NB. 1998. Electrical methods in occlusal caries diagnosis: An in vitro comparison with visual inspection and bite-wing radiography. *Caries Res*, 32: 324-329.
86. Ie YL, Verdonschot EH, Schaeken MJM, van't Hof MA. 1995. Electrical conductance of fissure enamel in recently erupted molar teeth as related to caries status. *Caries Res*, 29: 94-99.
87. Irmisch B. 1992. Kariesprophylaxe mittels Fissurenversiegelung. *Dtsch Zahnärztl Z*, 47: 790-793.
88. Irmisch B, Rösler I, Range U. 1997. Häufigkeit und Retention von Fissurenversiegelungen – eine Querschnittsstudie. *Dtsch Zahnärztl Z*, 52: 190-192.

89. Jahn KR, Geitel B, Zimmer S. 2002. Kinetische Kavitätenpräparation-Zahnhartsubstanzbearbeitung mittels Aluminiumoxid-Pulverstrahl. Zahnmed Praxis, 5: 244-250.
90. Jahn KR, Geitel B, Zimmer S, Barthel CR, Roulet JF. 2002a. Kinetic cavity preparation - hit or flop. Ann R Australs Coll Dent Surg, 16: 26-29.
91. Kanellis MJ, Warren JJ, Levy SM. 2000. A comparison of sealant placement techniques and 12-months retention rates. J Public Health Dent, 60: 53-56.
92. Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung und Bundeszahnärztekammer 2006. DMS IV, Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie. Druckhaus Boeken, Leverkusen.
93. Katora ME, Jubach T, Polimus MM. 1981. Abrasive etching of the enamel surface. Quintessence Int, 9: 967-968.
94. Keen DS, von Fraunhofer JA, Parkins FM. 1994. Air abrasive „etching“: Composite bond strengths. J Dent Res, 73: abstract 238, 131.
95. Ketley CE, Holt RD. 1993. Visual and radiographic diagnosis of occlusal caries in first permanent molars and in second primary molars. Br Dent J, 174: 364-370.
96. Kidd EAM, Joyston-Bechal S. 1987. Essentials of Dental Caries: The disease and its management. Brsitol, Whright.
97. Kidd EAM, Naylor MN, Wilson RF. 1992. The prevalence of clinically undetected and untreated molar occlusal dentine caries in adolescents on the Isle of Wight. Caries Res, 26: 397-401.

98. Kimmel K. 1998. Sandstrahltechnik kritisch betrachtet. Zahnärztl Mitt, 88: 78-82.
99. King NM, Shaw L. 1979. Value of bit-wing radiographs in detection of occlusal caries. Comm Dent Oral Epidemiol, 7: 218-221.
100. Klein M. 1998. Minimal invasive und maximal innovative. Laser-Journal, 4: 7-8.
101. Klein H, Knutson JW. 1942. Studies on dental caries. XIII. Effect of ammoniacal silver nitrate on caries in the first permanent molar. J Am Dent Assoc, 29: 1420.
102. Klink T, Zraiki S, Klimm W, Hetzer G, Kuhlisch E, Gente M. 2001. Evaluation of four methods of occlusal caries detection in discoloured fissures in vivo preliminary data. Caries Res, 35: 281.
103. Kordic A, Lussi A, Luder HU. 2003. Performance of visual inspection, electrical conductance and laser fluorescence in detecting occlusal caries in vitro. Schweiz Monatsschr Zahnmed, 113: 852-859.
104. Kreter F, Pantke H. 1979. Einführung in die Zahnheilkunde mit Grenzinformationen. Quintessenz-Verlag, Berlin.
105. Kromrey H. 1998. Empirische Sozialforschung. Opladen: Leske und Budrich.
106. Kühnisch J, Heinrich-Weltzien R. 1999. Häufigkeit und Qualität der Fissurenversiegelung bei 8- und 14-Jährigen. Prophylaxe Impuls, 3: 6-14.
107. Kühnisch J, Senkel H, Heinrich-Weltzien R. 2002. Fissurenversiegelung-Überversorgung oder notwendige Präventionsmaßnahme? Zahnärztl Gesundheitsdienst, 3: 7-9.

108. Kühnisch J, Senkel H, Heinrich-Weltzien R. 2003. Vergleichende Untersuchung zur Zahngesundheit von deutschen 8-bis 10-Jährigen des westfälischen Ennepe-Ruhr-Kreises. *Gesundheitswesen*, 65: 96-101.
109. Kühnisch J, Ziehe A, Brandstädt A, Heinrich-Weltzien R. 2004. An in vitro study of the reliability of DIAGNOdent measurements. *J Oral Rehabil*, 31: 895-899.
110. Kühnisch J, Dietz W, Stößer L, Hickel R, Heinrich-Weltzien R. 2006. Effects of dental probing – a SEM evaluation. *Caries Res*, 41: 43-48.
111. Kühnisch J, Dietz W, Stösser L, Hickel R, Heinrich-Weltzien R. 2007. Effects of dental probing on occlusal surfaces – a scanning electron microscopy evaluation. *Caries Res*, 41: 43-48.
112. Kühnisch J, Haak R, Buchalla W, Heinrich-Weltzien R. 2007a. Kariesdetektion und –diagnostik bei Kindern und Jugendlichen. *Oralprophylaxe und Kinderzahnheilkunde*, 29 (4): 166-171.
113. Kühnisch J, Goddon I, Senkel H, Monse-Schneider B, Oehme T, Hickel R, Heinrich-Weltzien R. 2007b. Development of an Universal Scoring System (UniViSS). *Caries Res*, 41: 289.
114. Künzel W. 1997. Caries decline in Deutschland: Eine Studie zur Entwicklung der Mundgesundheit. Hüthig Verlag.
115. Kwan SYL, Petersen PE, Pine CM, Borutta A. 2005. Health-promoting schools: an opportunity for oral health promotion. *Bulletin of the World Health Organization* 9, 83: 677-685.

116. Laurell KA, Hess JA. 1995. Scanning electron micrographic effects of air-abrasion cavity preparation on human enamel and dentine. *Oper Dent*, 26: 139-144; *Quintessence Int*, 26: 139-144.
117. Lee KHP, Chao WS, Tran KT, Myers TD, White JM. 1996. Caries removal and restoration using Nd : YAG laser and air abrasion (abstract 588). *J Dent Res*, 75: 91.
118. Li SH, Swango PA, Gladsden AN, Heifetz SB. 1981. Evaluation of the retention of two types of pit and fissure sealants. *Comm Dent Health*, 11: 79-82.
119. Loesche WJ, Svanberg ML, Pape HR. 1979. Intraoral transmission of streptococcus mutans by a dental explorer. *J Dent Res*, 58: 1765-1770.
120. Lupi-Pégurier L, Muller-Bolla M, Bertrand MF, Fradet T, Bolla M. 2004. Microleakage of a pit and fissure sealant: effect of air-abrasion compared with classical enamel preparations. *J Adhes Dent*, 6(1): 43-48
121. Lussi A. 1991. Validity of diagnostic and treatment decisions of fissure caries. *Caries Res*, 25: 296-303.
122. Lussi A. 1993. Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries Res*, 27: 409-416.
123. Lussi A. 1996. Impact of including or excluding cavitated lesions when evaluating methods for the diagnosis of occlusal caries. *Caries Res*, 30: 389-393.
124. Lussi A. 2000. Laserinduzierte Fluoreszenz zur Erkennung der Okklusalkaries. *Acta Med Dent Helv*, 5: 15-19.

125. Lussi A, Francescut P. 2003. Performance of conventional and new methods for detection of occlusal caries in deciduous teeth. *Caries Res*, 37: 2-7.
126. Lussi A, Hotz P, Stich H. 1995. Die Fissurenkaries. *Dtsch Zahnärztl Z*, 50: 629-634.
127. Lussi A, Imwinkelried S, Pitts NB, Longbottom C, Reich E. 1999. Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro. *Caries Res*, 33: 261-266.
128. Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P. 2001. Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci*, 109: 14-19.
129. Lussi A, Hibst R, Paulus R. 2004. DIAGNOdent: an optical method of caries detection. *J Dent Res*, 83 (Spec No C): C80-83.
130. Lussi A, Longbottom C, Gygax M, Braig F. 2005. Influence of professional cleaning and drying of occlusal surfaces on laser fluorescence in vivo. *Caries Res*, 39: 284-286.
131. Lutz F, Suhonen J, Imfeld T, Curilovic Z. 1990. Prävention der Fissurenkaries. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 100: 446-451.
132. Malmström HS, Chaves Y, Moss ME. 2003. Patient preference: conventional rotary handpieces or air abrasion for cavity preparation. *Oper Dent*, 28: 667-671.
133. Marthaler TM. 1976. Vorbeugung. In: Hotz: Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen. Thieme, Stuttgart.

- 134. Marthaler TM. 2004. The changes in dental caries 1953-2003. *Caries Res*, 38: 173-181.
- 135. Mayer HO. 2002. Methodologie als Basis von Methode. Interview und schriftliche Befragung: Entwicklung, Durchführung und Auswertung. R. Oldenbourg, München [u. a.], S. 15-26.
- 136. Mayer HO. 2002a. Qualitative Befragung - das Leitfadeninterview. Interview und schriftliche Befragung: Entwicklung, Durchführung und Auswertung. R. Oldenbourg, München [u. a.], S. 36-56.
- 137. Mayer HO. 2002b. Quantitative Befragung - der standardisierte Fragebogen. Interview und schriftliche Befragung: Entwicklung, Durchführung und Auswertung. R. Oldenbourg, München [u. a.], S. 57-135.
- 138. Mc Lean JW, Wilson AD. 1974. Fissure sealing and filling with an adhaesive glasionomer. *Br Dent J*, 136: 269.
- 139. Merte K, Rößler C, Arnold A, Wirth-Flynn M. 1995. Kariesrisiko und Fissurenversiegelung. *Dtsch Zahnärztl Z*, 50: 649-652.
- 140. Mertz-Fairhurst EJ. 1995. Cariostatic and ultraconservative sealed restorations: nine-year results among children and adults. *Am J Dent Child*, 62: 97-107.
- 141. Messer LB, Calache H, Morgan MV. 1997. The retention of pit and fissure sealants placed in primary school children by Dental Health Services, Viktoria. *Aust Dent J*, 42: 233-239.
- 142. Miller J, Hobson P. 1956. Determination of the presence of caries in fissures. *Br Dent J*, 100: 15-18.

143. Motisuki C, Lima LM, Bronzi ES, Spolidorio DM, Santos-Pinto L. 2006. The effectiveness of alumina powder on carious dentine removal. *Oper Dent*, 31(3): 371-376.
144. Müller F. 2002. www.zahnarztfridbertmueller.de.
145. Müller J, Meyer-Lueckel H, Paris S, Hopfenmuller W, Kielbassa AM. 2006. Inhibition of lesion progression by the penetration of resins in vitro: influence of the application procedure. *Oper Dent*, 31(3): 338-345.
146. Myers GE. 1954. The airabrasive technique: a report. *Br Dent J*, 97: 291-295.
147. National Institutes of Health. 1984. Consensus development conference statement on dental sealants in the prevention of tooth decay. *J Am Dent Assoc*, 108: 233-236; *Zahnärztl Mitt*, 74: 2121.
148. Nikaido T, Kataumi M, Burrow M, Inokoshi S, Yamada T, Takatsu T. 1996. Bond strengths of resin to enamel and dentine treated with low-pressure air abrasion. *Oper Dent*, 21: 218-224.
149. Nyttun RB, Raadal M, Espelid I. 1992. Diagnosis of dentine involvement in occlusal caries based on visual and radiographic examination of the teeth. *Scand J Dent Res*, 100: 144-148.
150. Nyvad B, Machiulskiene V, Baelum V. 1999. Reliability of a new caries diagnostic system differentiating between active and inactive caries lesions. *Caries Res*, 33: 252-260.
151. Olmez A, Tuna D, Oznurhan F. 2006. Clinical evaluation of DIAGNOdent in detection of occlusal caries in children. *J Clin Paediatr Dent*, 30: 287-291.

152. Olsen ME, Bishara SE, Damon P, Jakobsen JR. 1997. Comparison of shear bond strength and surface structure between conventional acid etching and air-abrasion of human enamel. *J Am Orthod Dentof Orthop*, 26: 254-259.
153. Paolinelis G, Watson TF, Banerjee A. 2006. Microhardness as a predictor of sound and carious dentine removal using alumina air abrasion. *Caries Res*, 40: 292-295.
154. Parfitt GI. 1954. A standard clinical examination of the teeth. *Br Dent J*, 96: 296-300.
155. Pearce E, Larsen M, Coote G. 1999. Fluoride in enamel lining pits and fissures of the occusal groove-fossa system in human molar teeth. *Caries Res*, 33: 196-205.
156. Peaton FA, Henry EE. 1954. The effect of high speed burs, diamond instruments and air abrasive in cutting tooth tissue. *J Am Dent Assoc*, 49: 435-436.
157. Peinsipp N, Roos G, Weimer G. 2003. Röntgenverordnung RöV. Forkel Verlag, 5. Auflage.
158. Pereira AC, Verdonschot EH, Huysmans MC. 2001. Caries detection methods: can they aid decision making for invasive sealant treatment? *Caries Res*, 35: 83-89.
159. Petersen PE. 1990. Social inequalities in dental health – towards a theoretical explanation. *Comm Dent Oral Epidemiol*, 18: 153-158.
160. Petersen PE. 2004. Evaluation of community-based health promotion and oral diseases prevention – WHO recommendations for improved evidence in public health practice. *Comm Dent Health*, 21: 319-329.

161. Pieper K. 2003. Association of caries experience in 12-year-old children in Marburg, Germany, with different preventive measures. *Caries Res*, 37: 267-318.
162. Pieper K. 2005. Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 2004. Gutachten. Bonn: DAJ e.V. Marburg.
163. Pieper K. 2006. Grundlagen der Kariesprophylaxe bei Kindern. *Dtsch Ärztebl*, 103, 15: A-1003, B-849, C-820.
164. Pitts NB. 2001. Clinical Diagnosis of Dental Caries: A European Perspective. www.nidcr.nih.gov/new/consensus.asp. *J Dent Educ*, 65: 972-978.
165. Pitts NB, Deery C. 1994. Prevalence of „hidden“ occlusal dentine caries in regularly attending Scottish adolescents. *J Dent Res*, 2: 149-154.
166. Qual R. 2002. Vergleichende Untersuchungen zu Fissurenversiegelung nach Einsatz des AIR-FLOW® PREP K1 und der Säureätztechnik - eine rasterelektronenmikroskopische Studie. Zahnmed Diss, Uni Rostock.
167. Rafique S, Fiske J, Banerjee A. 2003. Clinical trial of an air abrasion/chemomechanical operative procedure for the restorative treatment of dental patients. *Caries Res*, 37: 360-364.
168. Rainey JT. 2001. Understanding the applications of microdentistry. *Compend Continual Educ in Dentistry*, 22: 1018-1025.
169. Rainey JT. 2002. Air abrasion: an emerging standard of care in conservative operative dentistry. *Dent Clin North Am*, 46: 185-209.

170. Raper HR. 1925. Practical clinical preventive dentistry based upon the periodic roentgen-ray examinations. *J Am Dent Assoc*, 12: 1084-1100.
171. Reyto R. 2001. Lasers and air abrasion. New modalities for tooth preparation. *Dent Clin North Am*, 45: 189-206.
172. Ricketts DNJ, Kidd EAM, Smith BGN, Wilson RF. 1994. Radiographic detection of occlusal caries: Effect of X-ray beam factors on diagnosis. *Eur J Prosthodont Res Dent*, 2: 149-154.
173. Ricketts DNJ, Kidd EAM, Smith BGN, Wilson RF. 1995. Clinical and radiographic diagnosis of occlusal caries: a study in vitro. *J Oral Rehabil*, 22: 15-20.
174. Riehte P. 1988. Langzeiterfahrungen mit kariesprophylaktischer Versiegelung. *Dtsch Zahnärztl Z*, 43: 253-262.
175. Rinaudo PJ, Cochran MA, Moore BK. 1997. The effect of air abrasion on shear bond strength to dentine with dental adhaesives. *Oper Dent*, 22: 254-259.
176. Rocha RO, Ardenghi TM, Oliveira LB, Rodrigues CR, Ciamponi AL. 2003. In vivo effectiveness of laser fluorescence compared to visual inspection and radiography for detection of occlusal caries in primary teeth. *Caries Res*, 37: 437-441.
177. Rock WP, Evans RI. 1983. A comparative study between a chemically polymerised fissure sealant resin and a light-cured resin. Three-year results. *Br Dent J*, 155: 344-346.
178. Rock WP, Kidd EAM. 1988. The electronical detection of demineralisation in occlusal fissures. *Br Dent J*, 164: 243-247.

179. Rock WP, Foulkes EE, Perry H, Smith AJ. 1996. A comparative study of fluoride-releasing composite resin and glassionomer materials used as fissure sealants. *J Dent*, 24: 275-280.
180. Roeder LB, Berry III EA, You C, Powers JM. 1995. Bond strength of composite to air-abraded enamel and dentine (Abstract 237). *J Dent Res*, 73: 131.
181. Rohr M, Makinson OF, Burrow MF. 1991. Pits and fissures: morphology. *ASDC J Dent Child*, 58: 97-103.
182. Ryge G. 1980. USPHS Kriterien. *Int Dent*, 30: 247-258.
183. Santos-Pinto L, Peruchi C, Marker VA, Cordeiro R. 2001. Effect of handpiece tip design on the cutting efficiency of an air abrasion system. *J Am Dent Assoc*, 14: 397-401.
184. Santos-Pinto L, Peruchi C, Marker VA, Cordeiro R. 2001a. Evaluation of cutting patterns produced with air-abrasion systems using different tip designs. *Oper Dent*, 26: 308-312.
185. Sawle RF, Andlaw RJ. 1988. Has occlusal caries become more difficult to diagnose? A study comparing clinically undetected lesions in molar teeth of 14-16 years old children in 1974 and 1982. *Br Dent J*, 164: 209-211.
186. Selwitz RH, Nowjack-Raymer R, Driscoll WS, Li S-H. 1995. Evaluation after 4 years of the combined use of fluoride and dental sealants. *Comm Dent Oral Epidemiol*, 23: 168-169.
187. SGB V. 2003. Sozialgesetzbuch (SGB) fünftes Buch (V). § 21 (Gruppenprophylaxe) und § 22 (Individualprophylaxe).

188. Sheehy EC, Brailsford SR, Kidd EA, Beighton D, Zoiopoulos L. 2001. Comparison between visual examination and a laser fluorescence system for in vivo diagnosis of occlusal caries. *Caries Res*, 35: 421-426.
189. Shi XQ, Welander U, Angmar-Mansson B. 2000. Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiography: an in vitro comparison. *Caries Res*, 34: 151-158.
190. Silverstone LM. 1974. Fissure sealants: laboratory studies. *Caries Res*, 8: 2-26.
191. Simonsen RJ. 1987. Retention and effectiveness of a single application of white sealant after 10 years. *J Am Dent Assoc*, 115: 31-36.
192. Splieth CH, Förster M, Meyer G. 1998. Vergleich von Lokalfluoridierung zur Kariesprophylaxe an ersten permanenten Molaren bei Kindern. *Dtsch Zahnärztl Z*, 53: 799-804.
193. Splieth CH, Treuner A, Berndt C. 2009. Orale Gesundheit im Kleinkindalter. *Präv Gesundheitsf*, 4: 119-123.
194. Staehle HJ. 1996. Fissurenversiegelung - pro und contra. *Dens*, 4: 15-18.
195. Stockleben C. 1998. Dentistry goes minimal invasive! *Dentalhyg J*, 2: 7-8.
196. Stookey G, González-Cabezas C. 2001. Emerging methods of caries diagnosis. www.nidcr.nih.gov/news/consensus.asp.
197. Strippel H. 2004. Prävention in der Zahnmedizin. In: Hurrelmann K., Klotz T., Haisch J. (Hrsg.): *Lehrbuch Medizinische Prävention und Gesundheitsförderung*, Hans Huber Verlag, Bern, 167-173.

198. Sveen OB, Jensen OE. 1986. Two-year clinical evaluation of Delton and Prisma-Shield. Clin Prev Dent, 8: 9-11.
199. Trummler A, Trummler H. 1990. Fissurenversiegelungen. Schweiz Monatsschr Zahnmed, 100: 61-64.
200. Trummler A, Weiss V. 2001. Studie über Fissurenversiegelungen. ZM, 91(4): 342-346.
201. Tveit AB, Espelid I, Fjelltveit A. 1994. Clinical diagnosis of occlusal dentine caries. Caries Res, 28: 368-372.
202. Van Dorp CSE, Exterkate AM, Ten Cate JM. 1988. The effect of dental probing on subsequent enamel demineralization. J Dent Child, 55: 343-347.
203. Van Huysen G, Drexell AB. 1953. Operative treatment and tooth. J Prosthet Dent, 3: 818-825.
204. Van Steenkiste M, Becher A, Banschbach R, Gaa S, Kreckel S, Pocanschi C. 2004. Prävalenz von Karies, Fissurenversiegelungen und Füllungsmaterial bei Deutschen Kindern und Kindern von Migranten. Gesundheitswesen, 66: 754-758.
205. Verdonschot EH, Bronkhorst EM, Burgersdijk RCW, König KG, Schaeken MJM, Truin GJ. 1992. Performance of some diagnostic systems in examination for small occlusal lesions. Caries Res, 26: 59-64.
206. Verdonschot EH, Wenzel A, Truin GJ, König KG. 1993. Performance of electrical resistance measurements adjunct to visual inspection in the early diagnosis of occlusal caries. J Dent, 21: 332-337.

- 207. Vrbic V. 1999. Retention of a fluoride-containing sealant on primary and permanent teeth 3 years after placement. *Quintessence Int*, 30: 825-828.
- 208. Wagner M, Lutz F, Menghini GD, Helfenstein U. 1994. Erfahrungsbericht über Fissurenversiegelungen in der Privatpraxis mit einer Liegedauer bis zu zehn Jahren. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 104: 156-159.
- 209. Weerheijm KL, van Amerongen WE, Eggink CO. 1989. The clinical diagnosis of occlusal caries: a problem. *ASDC J Dent Child*, 56: 196-200.
- 210. Weerheijm KL, Groen HJ, Bast AJ, Kieft JA, Eijkman MA, van Amerongen WE. 1992. Clinically undetected occlusal dentine caries: a radiographic comparison. *Caries Res*, 26: 305-309.
- 211. Weerheijm KL, Gruythuysen RJ, van Amerongen WE. 1992a. Prevalence of hidden caries. *ASDC J Dent Child*, 59: 408-412.
- 212. Welbury R, Raadal M, Lygidakis NA. 2004. EAPD guidelines for the use of pit and fissure sealants. *Eur J Paediatr Dent*, 5: 179-184.
- 213. Wendt LK, Koch G. 1988. Fissure sealant in permanent first molars after 10 years. *Swed Dent J*, 12: 181-185.
- 214. Wendt LK, Koch G, Birkhed D. 2001. On the retention and effectiveness of fissure sealant in permanent molars after 15-20 years: a cohort study. *Comm Dent Oral Epidemiol*, Aug, 29: 302-307.
- 215. Wenzel A, Fejerskov O. 1992. Validity of diagnosis of questionable caries lesions in occlusal surfaces of extracted third molars. *Caries Res*, 26: 188-194.

- 216. Wenzel A, Fejerskov O, Kidd E, Joyston-Bechal S, Groeneveld A. 1990. Depth of the occlusal caries assessed clinically, by conventional film radiographs and by digitized processed radiographs. *Caries Res*, 24: 327-333.
- 217. Wenzel A, Larsen MJ, Fejerskov O. 1991. Detection of occlusal caries without cavitation by visual inspection, film radiographs, xeroradiographs and digitized radiographs. *Caries Res*, 25: 365-371.
- 218. Wenzel A, Hintze H, Mikkelsen L, Mouyen F. 1991a. Radiographic detection of occlusal caries in non-cavitated teeth. A comparison of conventional film radiographs, digitized radiographs and RadioVisioGraphy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 72: 621-626.
- 219. Wenzel A, Verdonchot EH, Truin GJ, Konig KG. 1992. Accuracy of visual inspection , fibre-optic transillumination and various radiographic image modalities for the detection of occlusal caries in extracted non-cavitated teeth. *J Dent Res*, 71: 1934-1937.
- 220. White JM, Eakle WS. 2000. Rationale and treatment approach on minimal invasive dentistry. *J Am Dent Assoc*, 131: 13S-19S.
- 221. WHO. 1997. Oral Health Surveys. Basic Methods. Vierte Aufl., Geneva.
- 222. Whyte RJ, Leake JL, Howley TP. 1987. Two-year follow-up of 11000 dental sealants in first permanent molars in the Saskatchewan Health Dental Plan. *J Public Health Dent*, 47: 177-181.
- 223. Wilson IP. 1895. Preventive dentistry. *Dent Digest*, 1: 70.
- 224. Wright GZ, Hatibovic-Kofman S, Millenaar DW, Braverman L. 1999. The safety and efficacy of treatment with air abrasion technology. *Int Paediatr Dent*, 9: 133-140.

- 225. www.icdas.org.2005.
- 226. www.voco.de/praeparate.
- 227. Yassin OM. 1995. In vitro studies of the effect of a dental explorer on the formation of an artifical carious lesion. J Dent Child, 62: 111-117.
- 228. Yazici AR, Kiremitci A, Celik C, Ozgünaltay G, Dayangac B. 2006. A two-year clinical evaluation of pit and fissure sealants placed with and without air abrasion pre-treatment in teenagers. J Am Dent Assoc, 137 (10): 1401-1405.

9. Anhang

Untersuchungsbogen des klinischen Teils der Studie

Untersuchungsbogen

Persönliche Identifikationskriterien:

Probandennummer:

Alter:	Nationalität:
Geschlecht (1 = m, 2 = w):	Untersuchungsdatum:

Dentitions- und Kariesstatus (WHO 1997):

<p style="text-align: center;">dmft</p> <p style="text-align: center;">55 54 53 52 51 61 62 63 64 65</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">85 84 83 82 81 71 72 73 74 75</p> <p>A = gesund, B = kariös, C = gefüllt und kariös, D = gefüllt und nicht kariös, E = extrahiert aufgrund von Karies, F = Fissurenversiegelung, G = künstliche Krone, T = Trauma</p>																					<p style="text-align: center;">DMFT</p> <p style="text-align: center;">18 17 16 15 14 13 12 11 21 22 23 24 25 26 27 28</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">48 47 46 45 44 43 42 41 31 32 33 34 35 36 37 38</p> <p>0 = gesund, 1 = kariös, 2 = gefüllt und kariös, 3 = gefüllt und nicht kariös, 4 = extrahiert aufgrund von Karies, 5 = extrahiert aus anderen Gründen, 6 = Fissurenversiegelung, 7 = künstliche Krone/Veneer, 8 = noch nicht durchgebrochener Zahn, T = Trauma, 9 = nicht beurteilbar</p>																																
<p style="text-align: center;">dmfs</p> <p style="text-align: center;">55 54 53 52 51 61 62 63 64 65</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">85 84 83 82 81 71 72 73 74 75</p>																					<p style="text-align: center;">DMFS</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">47 46 45 44 43 42 41 31 32 33 34 35 36 37</p>																																

Spezielle Kariesdiagnostik zur Früherkennung okklusaler Läsionen bei permanenten Molaren:

Zahn:

1. Visuelle Kariesdiagnostik (Ekstrand et al. 1997)

- Grad 0
- Grad 1
- Grad 2
- Grad 3
- Grad 4

2. Laserfluoreszenzmessung mittels DIAGNOdent (Fa. KaVo, Biberach)

- 0 bis 13
- 14 bis 20
- > 20

3. Kariesdiagnostik nach der Anwendung von AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX

- Grad 0
- Grad 1
- Grad 2
- Grad 3
- Grad 4

Nachuntersuchung zur Qualitätseinschätzung der Fissurenversiegelung nach sechs Monaten:

1. Retention	<input type="radio"/> Alpha <input type="radio"/> Bravo <input type="radio"/> Charlie <input type="radio"/> Delta
2.1 Lufteinschlüsse	<input type="radio"/> Alpha <input type="radio"/> Bravo <input type="radio"/> Charlie <input type="radio"/> Delta
2.2 Beschaffenheit der Oberfläche	<input type="radio"/> Alpha <input type="radio"/> Bravo <input type="radio"/> Charlie <input type="radio"/> Delta
3. Randspalt	<input type="radio"/> Alpha <input type="radio"/> Bravo <input type="radio"/> Charlie <input type="radio"/> Delta
4. Verfärbungen	<input type="radio"/> Alpha <input type="radio"/> Bravo <input type="radio"/> Charlie <input type="radio"/> Delta

Fragebogen des soziologischen Teils der Studie

Fragebogen

Probandennummer:

1. Gehst Du gerne zum Zahnarzt?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> weiß ich nicht
2. Hast D Angst vor dem „Bohren“?	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> bei mir wurde noch nie gebohrt
3. Hattest Du heute Angst vor dem Zahnarzt?	<input type="radio"/> keine Angst <input type="radio"/> etwas Angst <input type="radio"/> sehr viel Angst <input type="radio"/> Behandlung musste abgebrochen werden
4. Hast du Schmerzen bei der Behandlung gehabt?	<input type="radio"/> keine Schmerzen <input type="radio"/> leichte Schmerzen <input type="radio"/> starke Schmerzen <input type="radio"/> unerträgliche Schmerzen
5. Wie empfandest Du das Geräusch des Gerätes?	<input type="radio"/> nicht störend <input type="radio"/> etwas störend <input type="radio"/> sehr störend <input type="radio"/> unerträglich
6. Wie war der Geschmack des verwendeten Pulvers?	<input type="radio"/> sehr angenehm <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> unangenehm <input type="radio"/> unerträglich
7. Wie war der Geruch des verwendeten Pulvers?	<input type="radio"/> sehr angenehm <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> unangenehm <input type="radio"/> unerträglich
8. Wurde das überschüssige Wasser gut abgesaugt?	<input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nein
9. Wie war die Behandlung im Allgemeinen?	<input type="radio"/> sehr gut <input type="radio"/> gut <input type="radio"/> schlecht <input type="radio"/> sehr schlecht
10. Wie war die Behandlung im Vergleich zum „Bohren“?	<input type="radio"/> besser <input type="radio"/> gleich gut <input type="radio"/> schlechter

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Fritz, Kathleen
Geburtsdatum	15.12.1984
Geburtsort	Suhl
Anschrift	Koppengasse 8, 98553 Hinternah/Thüringen
Familienstand	ledig, keine Kinder
Nationalität	deutsch

Schulbildung

1991-1995	Besuch der Staatlichen Grundschule in Hinternah
1995-2003	Besuch des Hennebergischen Gymnasiums „Georg Ernst“ in Schleusingen
Juni 2003	Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife

Studium

2003-2008	Studium der Zahnmedizin an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena
-----------	---

Beruflicher Werdegang

15.12.2008	Approbation als Zahnärztin
ab 2009	Anstellung als Assistenz Zahnärztin in der Zahnarztpraxis Dr. Peter Vorderwülbecke in Sesslach

Hinternah, den 06.10.2009

Kathleen Fritz

Danksagung

Frau Prof. Dr. med. habil. Dr. h. c. Annerose Borutta danke ich für die Vergabe des Themas und besonders für ihre Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung der klinisch-soziologischen Studie sowie ihre fachliche Beratung.

Herrn Michael Szabo gilt mein Dank für die fotografische Dokumentation.

Herrn Dipl. Wirtschaftsmath. Maik Wagner gilt mein Dank für die Einführung in die statistische Methodik.

Ich danke Frau Brigitte Kellner für die gemeinsame Koordination der Behandlungstermine und Frau Sabine Heunemann für ihre kostbaren Ratschläge.

Der Firma Electro Medical Systems danke ich für die Bereitstellung des zu untersuchenden Gerätes AIR-FLOW[®] PREP K1 MAX.

Hinternah, den 06.10.2009

Kathleen Fritz

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials unterstützt haben:

Prof. Dr. med. habil. Dr. h. c. Annerose Borutta

Dipl. Wirtschaftsmath. Maik Wagner,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und das Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Hinternah, den 06.10.2009

Kathleen Fritz

Poster und Vorträge

Posterausstellung und – vortrag beim "14th Annual Congress of the European Association of Dental Public Health (EADPH)" vom 03.09.2009-05.09.2009 in Tromsø, Norwegen:

“Air abrasive technology for caries diagnosis and fissure sealing” Fritz K,
Wagner M, Borutta A